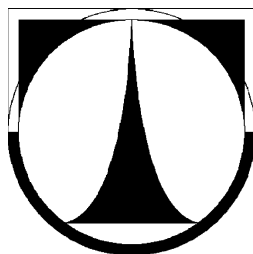


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových
studií



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2013

Bc. Martin Beránek

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802T007 Informační technologie

Systém automatizovaného zpracování pravděpodobnostní
složky ekologických rizik z databáze silniční dopravy v ČR

System for automatic evaluation of cargo traffic accident
frequency database in the Czech Republic

Diplomová práce

Autor: Bc. Martin Beránek

Vedoucí práce: Ing. Hana Čermáková, CSc.

Konzultanti: Mgr. Čeněk Jirsák

Zadání

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Tímto děkuji vedoucí diplomové práce paní Ing. Haně Čermákové, CSc. za odborné vedení a cenné připomínky. Dále také konzultantovi panu Mgr. Čendovi Jirsákovi za pomoc při vytváření diplomové práce.

Anotace

Diplomová práce se zabývá analýzou a hodnocením příčin dopravních nehod v nákladní dopravě. Součástí práce je vytvořený softwarový nástroj, s jehož pomocí byla zpracována databáze evidence dopravních nehod. Výsledkem jeho aplikace jsou tabulky četností dopravních nehod nákladní dopravy s členěním podle závažných faktorů dopravní nehodovosti a s rozlišením jednotlivých druhů silničních komunikací, kritických úseků komunikací (úseky v obcích a mimo obce, rovné úseky, zatáčky, křižovatky) a okolností vzniku nehody (denní doba, stav komunikace, povětrnostní podmínky). Následně je provedena analýza závislostí jednotlivých faktorů nehodovosti s použitím metod testování hypotéz a vyjádřena hodnota frekvence nehod nákladní dopravy pro jednotlivé typy a úseky silniční komunikace.

Klíčová slova

Nákladní doprava

Riziko přepravy nebezpečných věcí

Databáze dopravních nehod

Atributy dopravních nehod

Základní statistické metody

Testování hypotéz

Frekvence nehod nákladní dopravy

Abstract

This thesis focuses on the analysis and evaluation of the causes of road accidents in freight transport. The work also created a software tool that was developed using the database records of traffic accidents. The result of its applications are frequency tables freight traffic accidents with breakdown by major factors of traffic accidents with a resolution of different types of roads, critical sections of Communications (sections in the villages and outside the village, straight sections, curves, intersections) and the circumstances of the accident (time of day, communication status, weather conditions). Following is an analysis of the various factors of addition accidents using hypothesis testing methods, and expressed the frequency of accidents freight for the types and sections of road.

Keywords

Haulage

The risk of transport of dangerous goods

Road accident database

Attributes of traffic accidents

Basic statistical methods

Hypothesis Testing

The casualty rate of freight transport

Obsah

Seznam obrázků.....	11
Seznam tabulek.....	12
Seznam grafů.....	14
Seznam zkratk a označení.....	15
1 Úvod.....	16
2 Metodická východiska	18
2.1 Riziko.....	18
2.1.1 Pravděpodobnost	18
2.2 Následky	19
2.3 Faktory ovlivňující dopravní nehodu.....	19
2.4 Ekologická rizika v dopravě	21
3 Metodika postupu	22
3.1 Výpočet pravděpodobnosti	22
3.1.1 Klasická (Laplaceova) definice pravděpodobnosti	22
3.1.2 Statistická definice pravděpodobnosti	22
3.2 Obecný vztah určení frekvence nehod nákladního vozu	24
3.3 Frekvence nehod podle druhu komunikace	24
3.4 Frekvence nehod podle dílčích úseků komunikace	25
4 Zdroje vstupních dat.....	27
4.1 Databáze dopravních nehod Policie ČR	27
4.1.1 Popis údajů v databázi	31
4.2 Měření intenzity dopravy.....	33
4.3 Mapové podklady	35
4.3.1 Silnice 1. třídy	35
4.3.2 Silnice 2. třídy	35
4.3.3 Definice jednotlivých úseků komunikace	36

5	Zpracování vstupních dat.....	37
5.1	Určení četností nehod	37
5.2	Určení počtu najetých kilometrů.....	37
5.3	Určení délky kritických úseků silničních komunikací.....	40
5.3.1	Délky úseků pro silnice 1. třídy.....	40
5.3.2	Délky úseků pro silnice 2. třídy.....	43
6	Softwarový nástroj.....	44
6.1	Moduly softwarového nástroje	44
6.1.1	Modul nehodovosti.....	44
6.1.2	Modul vnějších faktorů.....	45
6.2	Visual Basic for application (VBA).....	45
6.3	Postup zpracování dat softwarovým nástrojem	46
6.3.1	Aktualizace databáze nehod	49
6.3.2	Sestavení tabulky četností	50
6.3.3	Sestavení tabulky závislostí.....	50
6.3.4	Další informace pro uživatele.....	51
7	Určení frekvence nehod nákladních vozidel.....	52
7.1	Vstupní data pro výpočet frekvence nehod.....	52
7.2	Výpočet frekvence nehod nákladního vozu pro silnici 1. a 2. třídy	52
7.3	Frekvence nehod nákladní dopravy podle lokálních podmínek	53
7.4	Nástin postupu odhadu frekvence nehod ADR.....	54
7.5	Věrohodnost výsledných hodnot frekvence.....	55
7.5.1	Nejistota odhadu frekvence	55
8	Analýza významnosti současného působení dílčích faktorů nehodovosti.....	56
8.1	Testy zjišťování závislostí	58
8.2	Závislosti vnějších vlivů	61
8.2.1	Nezamítnuté závislosti.....	62

8.3	Kompletní výsledky testování hypotéz	66
9	Vyhodnocení výsledků	68
9.1	Frekvence nehod nákladní dopravy	68
9.2	Významné závislosti mezi faktory nehodovosti	71
9.2.1	Silnice 1. třídy	71
9.2.2	Silnice 2. třídy	72
9.2.3	Ostatní závislosti	72
10	Závěr.....	73
11	Seznam literatury	75
12	Seznam příloh	77

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Míra odpovědnosti dopravní nehody	20
Obrázek 2 – Rozdělení krajů před rokem 2000	28
Obrázek 3 – Ukázka databáze dopravních nehod Policie ČR	30
Obrázek 4 – Tabulka sčítání dopravy 2010	33
Obrázek 5 – Výpočet intenzity dopravy	38
Obrázek 6 – Vzorová silnice I/69 (dílčí úseky)	41
Obrázek 7 – Ukázka tabulky četnosti	44
Obrázek 8 – Vývojový diagram aplikace	47
Obrázek 9 – Úvodní obrazovka aplikace	48
Obrázek 10 – Aktualizace databáze	49
Obrázek 11 – Tvorba tabulky četnosti	50
Obrázek 12 – Informace pro uživatele	51
Obrázek 13 – Přehled hledaných závislostí	57
Obrázek 14 – Závislosti / nezávislosti u jednotlivých druhů vozovky	67
Obrázek 15 – Silnice 1. třídy (Žalany – Velemín) Kritická místa	69
Obrázek 16 – Silnice 2. třídy (Lom – Duchcov - Teplice) Kritická místa	70

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Rozdělení souborů podle krajů	28
Tabulka 2 – Ukázka parametrů dopravní nehody	31
Tabulka 3 – Ukázka záznamu dopravní nehody.....	32
Tabulka 4 – Legenda zkratk celostátního sčítání dopravy	34
Tabulka 5 – Vzorové silnice	40
Tabulka 6 – Vzorová silnice I/28	41
Tabulka 7 – Hodnoty vzorových silnic.....	42
Tabulka 8 – Statistika vzorových silnic 1. třídy	42
Tabulka 9 – Tabulka závislostí (povětrnostní podmínky / denní doba)	45
Tabulka 10 – Četnosti nehod na silnicích 1. a 2. třídy.....	52
Tabulka 11 - Frekvence nehod nákladní dopravy na 1 najetý km podle typu komunikace.....	52
Tabulka 12 – Výsledná frekvence nehody na 1 najetý km pro silnice 1. třídy.....	53
Tabulka 13 – Výsledná frekvence nehody na 1 najetý km pro silnici 2. třídy	54
Tabulka 14 – Test chí-kvadrát nezávislosti	58
Tabulka 15 – Skutečné četnosti - Silnice 1. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba).....	62
Tabulka 16 – Standardizovaná rezidua - Silnice 1. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)	62
Tabulka 17 – Skutečné četnosti - Silnice 1. třídy (směrové poměry/ denní doba) ..	63
Tabulka 18 – Standardizovaná rezidua - Silnice 1. třídy (směrové poměry/ denní doba).....	63
Tabulka 19 – Skutečné četnosti - Silnice 2. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba).....	64

Tabulka 20 – Standardizovaná rezidua – Silnice 2. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)	64
Tabulka 21 – Skutečné četnosti - Silnice 2. třídy (směrové poměry/ denní doba) ..	65
Tabulka 22 – Standardizovaná rezidua - Silnice 2. třídy (směrové poměry/ denní doba).....	65
Tabulka 23 – Souhrn výsledků hypotéz	66

Seznam grafů

Graf 1 – Výsledné frekvence nehod.....	68
---	-----------

Seznam zkratek a označení

Zkratka	Význam
----------------	---------------

ADR	Nákladní vozidlo s nebezpečným nákladem
VBA	Programovací jazyk Visual Basic for Application
ČR	Česká Republika
ČSN	Československá státní norma
SR	Standardizovaná rezidua

1 Úvod

Životní prostředí je pro život na této planetě nezbytnou složkou další existence lidstva. Ve snaze ochránit planetu a zachovat životní prostředí pro budoucí generace je nutné zamýšlet se i nad lidskými činnostmi, které vedou k poškozování životního prostředí. Ochránit zem před ekologickými riziky znamená zaměřit se i na rizika, která přináší automobilová doprava.

V dnešním moderním světě plném technologií, využívajících k výrobě nebezpečné látky, je potřeba se zamyslet, jakým způsobem jsou potřebné suroviny, tedy i nebezpečné látky transportovány. Jedním z dnes hojně rozšířených způsobů přepravy je přeprava pomocí nákladních vozidel s označením ADR. Tak je značena přeprava nebezpečných látek po silničních komunikacích. Každá přeprava pomocí nákladních vozidel (tedy i přeprava ADR) je spojena s možností havárie a následným únikem pohonných hmot, případně přepravované nebezpečné látky, do okolí přepravní trasy, a tedy s potenciálním ohrožením lidí i životního prostředí v zasažené oblasti.

Diplomová práce se zabývá analýzou atributů přepravy nákladními vozidly a vytyčením významných faktorů ovlivňujících výskyt havárie u tohoto typu vozidel. Metodický postup i výsledky jsou zpracovány pro nákladní dopravu, protože pro nehody ADR nebyly k dispozici potřebné údaje. Postup zpracování je však pro oba typy přepravy stejný.

První část práce obsahuje úvod do problematiky, nastínění postupu řešení a popis vstupních dat, které jsme využili pro získání relevantních výsledků. Následuje část popisující vytvořený softwarový nástroj pro zpracování vstupních dat a výpočet statistických charakteristik, pomocí nichž byly identifikovány nejvýznamnější faktory vzniku dopravních havárií v nákladní dopravě a jejich synergický efekt. Závěr diplomové práce obsahuje analýzu zjištěných skutečností.

Motivace

Hlavním motivem diplomové práce je identifikace kritických faktorů vzniku dopravních havárií v nákladní dopravě s konečným záměrem snížit pravděpodobnost jejich výskytu poukazem na předem ovlivnitelné faktory. Úkolem diplomové práce je navržení metodiky identifikace významných faktorů dopravních havárií nákladních vozů a odvození hodnot pravděpodobností dopravních nehod pro kritické úseky

silničních komunikací. Podkladem budou údaje databází celostátní evidence přepravy. Součástí výsledků diplomové práce bude softwarový nástroj zpracování údajů evidence s výpočtem statistických charakteristik, které napomohou identifikaci kritických faktorů dopravních nehod i jejich kombinací, zvyšujících pravděpodobnost výskytu dopravních nehod.

Cíle práce

- Provést analýzu dostupných údajů dopravní evidence ČR.
- Provést výběr možných kritických prvků nehodovosti, které budou podrobeny dalšímu zpracování (základní charakteristiky silničních komunikací, okolnosti vzniku dopravní nehody).
- Zpracovat metodiku odvození pravděpodobností havárie přepravy nákladní dopravy s ohledem na vybrané charakteristiky vzniku dopravních nehod.
- Vytvořit pomocný softwarový nástroj zpracování údajů databáze a odvození relevantních statistických charakteristik.
- Provést detailní analýzu výsledků s určením kritických prvků nehodovosti.

2 Metodická východiska

Nákladní doprava i přeprava nebezpečných látek představuje riziko pro obyvatelstvo i životní prostředí v okolí dopravní trasy.

2.1 Riziko

Riziko je původně cizí slovo znamenající určité nebezpečí a vysokou pravděpodobnost neúspěchu. Jde o situaci, kdy ten, kdo se rozhoduje, zná všechny možné důsledky svého rozhodnutí a je schopen určit pravděpodobnost každého tohoto rozhodnutí. Důsledky musí být vzájemně nezávislé a součet jejich pravděpodobností je za daných předpokladů roven jedné.

Riziko chápeme jako součin pravděpodobnosti vzniku nebezpečné události a jejích následků:

$$R = P \cdot N \quad (1)$$

kde R = riziko

P = pravděpodobnost vzniku nebezpečné události

N = následky nebezpečné události

2.1.1 Pravděpodobnost

Pravděpodobnost náhodného jevu je číslo, které je mírou očekávatelnosti výskytu jevu. Náhodným jevem rozumíme opakovatelnou činnost prováděnou za stejných (nebo přibližně stejných) podmínek, jejíž výsledek je nejistý a závisí na náhodě. Jako příklad můžeme uvést házení mincí. Obecně se označuje reálným číslem od 0 do 1. Událost, která nemůže nastat, má pravděpodobnost 0, a naopak jistá událost má pravděpodobnost 1. Někdy se kvůli názornosti pravděpodobnost uvádí v procentech [1].

2.2 Následky

Následek v našem případě můžeme chápat jako ohrožení zdraví a života člověka, poškození životního prostředí a další způsobené škody při dopravní nehodě (např. škody na majetku). Největší podíl na vzniku ekologických havárií a nehod v dopravě mají dopravní nehody s únikem ropných a nebezpečných látek. Ropné produkty uniklé při dopravních nehodách mají na znečištění půdy a vod největší podíl. Například při kontaminaci okolí benzinem se půda regeneruje do 1 roku (únik benzínu o objemu 9 litrů na metr čtvereční)[2].

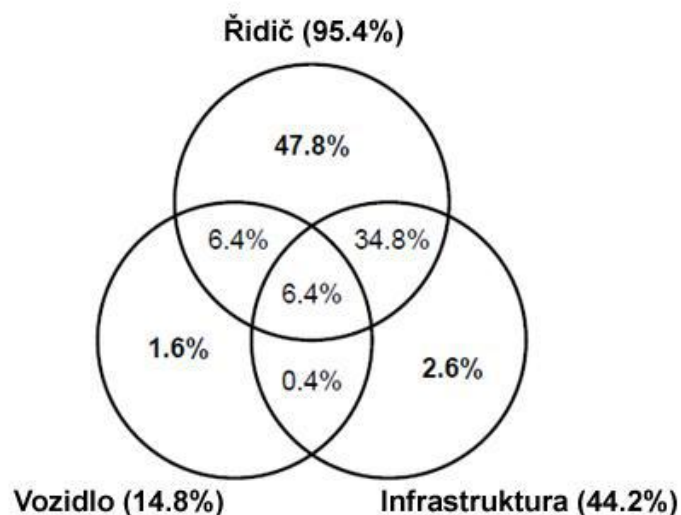
Komplexní hodnocení rizika vyžaduje kvantifikaci obou složek rovnice (1), složky pravděpodobnostní i složky vyhodnocení možných následků. Kvantifikace následků dopravní nehody představuje rozsáhlý problém, který zahrnuje zpracování všech možných dopadů úniku nebezpečných látek na člověka i životní prostředí v okolí přepravní trasy. Samostatnou kapitolu pak představuje stanovení pravděpodobnosti havárie dopravního prostředku. Řešením této problematiky se zabývá předkládaná diplomová práce.

Nezbytnou součástí vyhodnocení rizika je pravděpodobnost nehody na přepravní trase. Pravděpodobnost nehody závisí na mnoha faktorech.

2.3 Faktory ovlivňující dopravní nehodu

Mezi nejzávažnější rizikové faktory, ovlivňující zásadním negativním způsobem nehodovost, patří zejména nepřiměřená rychlost, nedání přednosti v jízdě, požití alkoholu či jiných drog. Všechny tyto faktory patří do jedné z kategorií příčin dopravních nehod, kterou představuje selhání lidského faktoru.

Ze statistik [3] vyplývá, že nejvíce dopravních nehod způsobuje právě lidský faktor, tedy řidič, jak je dobře patrné z obrázku č. 1.



Obrázek 1 – Míra odpovědnosti dopravní nehody

V diplomové práci se však nebudeme zabývat případy nehod zaviněnými řidičem. Zvolili jsme druhý nejčastější faktor dopravních nehod, kterým je infrastruktura.

Obecně infrastruktura „je skupina národohospodářských odvětví, které zajišťují předpoklady pro celkový rozvoj ekonomiky. Sem patří zejména budování dopravního a spojového systému, energetických zdrojů, vodohospodářských zařízení, bytů, škol, zdravotnictví, výzkumných institucí apod. Podle toho se infrastruktura dělí na ekonomickou (např. dopravní a energetický systém) a sociální (např. zdravotnictví)“ [4]. Pro naši úlohu je relevantní infrastrukturou síť silničních komunikací. Rozlišujeme tyto typy komunikace:

Dálnice

Silnice 1. třídy a rychlostní komunikace

Silnice 2. třídy

Silnice 3. třídy

Místní komunikace

Účelové komunikace (lesní cesta)

Ostatní (parkoviště)

Je zřejmé, že jednotlivé druhy komunikací se liší svojí délkou, kvalitou, intenzitou dopravy, dopravními předpisy, které na nich platí atd.

Podle charakteru místních podmínek a dílčích úseků komunikací je možné rozlišit kritická místa s většími dispozicemi k dopravní nehodě. Těmi mohou být např. zatáčky,

křižovatky, stoupání, přímé úseky ev. další. Lze předpokládat, že pravděpodobnost dopravní nehody se bude lišit pro jednotlivé druhy komunikací i pro jejich dílčí úseky.

Dalším z faktorů, které mohou přispět k havárii vozidla, patří aktuální situace v místě i čase události. Jedná se o takové faktory jako nepříznivé počasí, momentální denní doba, aktuální stav komunikace a další. To vše může hrát roli při vzniku dopravní nehody a jistým způsobem zvyšovat jeho pravděpodobnost. Kromě podílu jednotlivých faktorů na vzniku nehodové události může nastat situace, kdy působí řada rizikových faktorů nehodovosti současně. K vyšetření dopravní nehodovosti je tedy třeba prošetřit, zda a případně jak silné závislosti mezi jednotlivými rizikovými faktory existují.

2.4 Ekologická rizika v dopravě

Nebezpečné látky se staly součástí našeho života. V moderním světě těchto látek neustále přibývá, což logicky vede ke zvýšení četnosti vozidel s nebezpečným nákladem (dále jen ADR) na našich silnicích. V diplomové práci se však nezaměříme pouze na vozidla s označením ADR, ale do výpočtů zahrneme veškerou nákladní dopravu. Jedním z důvodů je skutečnost, že není k dispozici evidence intenzity přepravy nebezpečných látek, která je k odvození věrohodných výsledků nezbytná. Dalším faktem je, že všechna nákladní vozidla představují ekologická nebezpečí, oproti osobním mají objemnější nádrže (v rozmezí 400-1200 litrů) na pohonné hmoty. Při dopravní nehodě s účastí nákladního vozidla tak může dojít k úniku stovek litrů pohonných hmot, aniž by se jednalo o nákladní vozidlo přepravující nebezpečný náklad, a tím způsobit ekologické škody v okolí. Neposledním důvodem je fakt, že vozidlo s označením ADR je v podstatě nákladní vozidlo se specifickým nákladem a lze tedy předpokládat, že pravděpodobnost jeho havárie je možno odvodit z pravděpodobnosti havárie nákladního automobilu. Z tohoto důvodu budeme pracovat s evidencí (vycházet z evidence) nákladní dopravy a budeme šetřit faktory vzniku havárie nákladního automobilu.

3 Metodika postupu

3.1 Výpočet pravděpodobnosti

„Množinu všech možných výsledků pokusu (experimentu) značíme Ω . Jednotlivé možné výsledky pokusu značíme ω . Podmnožiny množiny Ω se nazývají (*náhodné*) jevy.

3.1.1 Klasická (Laplaceova) definice pravděpodobnosti

Nechť náhodný pokus splňuje předpoklady:

1. Všech možných výsledků je konečný počet.
2. Všechny výsledky jsou stejně možné.
3. Všechny výsledky se vzájemně vylučují.

Pravděpodobností jevu **A** pak nazveme číslo

$$P_{(A)} = \frac{m_{(A)}}{m} \quad (2)$$

kde **m** je počet všech výsledků náhodného pokusu a **m(A)** je počet výsledků příznivých jevu **A**. Kde $n = |\Omega|$, $m = |A|$.

Je zapotřebí zdůraznit, že Laplace uvedenou definici předložil jen jako jednoduchý a názorný zvláštní případ pro výpočet hodnoty pravděpodobnosti.

3.1.2 Statistická definice pravděpodobnosti

Opakujme náhodný pokus **M**-krát, přičemž předpokládejme, že výskyt náhodného jevu **A** pozorujeme v **K** případech. Číslo **K** se nazývá četností jevu **A**. Poměr $\frac{K}{M}$ se pak označuje jako poměrná či relativní četnost jevu **A**. Jestliže se s rostoucím **M**, tedy se zvyšováním počtu opakování pokusu, relativní četnost $\frac{K}{M}$ blíží nějakému číslu, pak toto číslo můžeme považovat za pravděpodobnost daného jevu“[5].

Pravděpodobnost v našem případě by měla vyjadřovat relativní četnost nehody vozidla přepravujícího nebezpečnou látku a měla by být odvozena pro jednotlivé typy komunikací i jejich dílčí úseky s ohledem na jejich dispozice k havárii i intenzitě přepravy. Výsledný údaj tedy nebude pravděpodobnostní, tj. bezrozměrnou charakteristikou, ale nazveme jej frekvencí nehody jednoho nákladního vozidla na dílčím úseku vytyčené přepravní trasy, tj. frekvencí nehody vozidla na délkové jednotce komunikace s respektováním specifických dispozic jednotlivých druhů silničních komunikací i jejich dílčích úseků. Cílovou veličinou je tedy odpovídající hodnota frekvence nehody nákladního vozu na jeden najetý kilometr definovaného úseku komunikace.

3.2 Obecný vztah určení frekvence nehod nákladního vozu

Při stanovení četnosti nehod na jeden kilometr vycházíme ze základního vztahu:

$$F = \frac{N}{D} \quad (3)$$

kde F je frekvence nehod na ujetý kilometr za rok [km^{-1}],
 N počet nehod za období [-],
 D najeté kilometry za období [km].

Rovnice číslo 3 představuje obecný vztah, který platí pro všechny typy dopravních nehod (tj. i nákladní a ADR dopravu). Musí mít však odpovídající proměnné N a D .

3.3 Frekvence nehod podle druhu komunikace

Vztah popsáný rovnicí 3 je obecný, tedy pro naše potřeby nedostatečný, je potřeba jej dále upravit. Předpokládáme, že pokud se liší charakter jednotlivých druhů pozemních komunikací, může se lišit i příslušná frekvence nehod. Jinak řečeno frekvence nehod na silnici 1. třídy se může lišit od frekvence nehod pro silnici 2. třídy atd. Je tedy zapotřebí u parametrů N a D rozlišovat četnosti nehod i počty najetých kilometrů pro každý druh komunikace samostatně.

Obecnou rovnici 3 upravíme takto:

$$F^k = \frac{N^k}{D^k} \quad (4)$$

kde F^k výsledná hodnota frekvence na komunikaci k ,
 N^k počet nehod za období na komunikaci k [-],
 D^k počet najetých kilometrů odpovídající komunikaci typu k [km].

3.4 Frekvence nehod podle dílčích úseků komunikace

Předchozí předpoklad, že se liší frekvence nehod na jednotlivých typech komunikace, můžeme rozšířit a předpokládat, že frekvence nehod se mohou lišit i v různých místech vozovky.

Každou komunikaci lze rozdělit na dílčí úseky:

- Obec
- Přímý úsek (mimo obec)
- Zatáčka (mimo obec)
- Křižovatka (mimo obec)
- Další

Pokud má být výslednou hodnotou frekvence nehod na dílčích úsecích, je třeba dosadit do vzorce příslušné údaje, tedy četnosti nehod a najeté kilometry na těchto úsecích. Pro zjednodušení předpokládáme, že na každém úseku určitého typu jednoho druhu komunikace bude frekvence nehod stejná. To znamená, že pro nás bude platit, že frekvence na všech silnicích 1. třídy v úseku zatáčka se budou rovnat (rovnost platí pro všechny úseky určitého typu na konkrétním typu vozovky).

Při upravování obecného vzorce jsme museli vycházet ze vstupních dat, která jsme měli k dispozici. Evidence dopravních nehod obsahuje rozlišení nehod podle dílčích úseků (křižovatka, zatáčka, obec atd.), díky tomu můžeme do vzorce dosadit četnosti nehod nákladního vozu na i -tém úseku komunikace k , který označíme N_i^k . Pro výpočet frekvence na úseku i , je ale zapotřebí získat hodnoty o počtu najetých kilometrů na tomto úseku. Frekvence bychom poté získali vydělením těchto dvou hodnot.

$$f_i^k = \frac{N_i^k}{D_i^k} \quad (5)$$

platí:

$$\sum_i N_i^k = N \quad (6)$$

$$\sum_i D_i^k = D \quad (7)$$

kde	i	index typu úseku,
	k	index typu komunikace,
	N_i^k	počet nehod nákladního vozidla na úseku i komunikace k ,
	N	celkový počet nehod nákladního vozidla,
	D_i^k	počet najetých km nákladního vozidla na i -tém úseku komunikace k ,
	D	celkový počet najetých km nákladního vozidla,
	f_i^k	frekvence havárie nákladního vozidla na 1 najetý km na i -tém úseku komunikace k .

Pro použití vzorce 5 je zapotřebí získat hodnotu D_i^k . Počet najetých km nákladního vozidla na i -tém úseku komunikace k , lze odvodit z celkového počtu najetých kilometrů nákladní dopravou a podílu úseku i z celkové délky komunikace, tak jak dokládá rovnice č. 8.

$$D_i^k = D \cdot P_i \quad (8)$$

kde:

D_i^k	počet najetých km nákladního vozidla na i -tém úseku komunikace k ,
D	celkový počet najetých km nákladního vozidla,
P_i	podíl úseku i z celkové délky komunikace.

Před dosazením do vzorců je zapotřebí získat potřebné hodnoty ze zdrojů vstupních dat, které máme k dispozici.

4 Zdroje vstupních dat

Po stanovení postupu v předchozí kapitole číslo 3, je zapotřebí zajistit relevantní vstupní data, aby výsledky co nejvíce odpovídaly skutečnosti. K dispozici byly tři typy vstupních dat:

- Databáze dopravních nehod
- Měření intenzity doprav
- Mapové podklady

Díky nim budeme schopni získat hodnoty do rovnice 5 a dopočítat frekvenci nehod na jednotlivých úsecích komunikace. Potřebné údaje získáme zpracováním vstupních dat.

4.1 Databáze dopravních nehod Policie ČR

Evidence dopravních nehod je ve vyspělém světě řadu let používána jako zdroj důležitých informací k podpoře hledání cest zvyšování bezpečnosti v dopravě. Následná podrobná analýza příčin dopravních nehod má za cíl zvyšování kvality dopravní infrastruktury i zajištění vyšší odpovědnosti ze strany řidičů.

V České republice je každá dopravní nehoda s účastí policie zaznamenávána do databáze dopravních nehod. Pro snadnější pochopení, vyhodnocení a orientaci v nehodovosti v jednotlivých krajích ČR jsou potřebné údaje zaznamenávány s přesnou identifikací místa nehody včetně jeho příslušnosti ke kraji a okresu. Před rokem 2000 bylo v České republice 7 krajů a osmý celek představovalo hlavní město Praha. Celkem tedy Českou republiku tvořilo 8 samosprávných celků tak, jak znázorňuje obrázek č. 2. Tomu odpovídá i rozčlenění databáze dopravních nehod do celkem osmi souborů. Toto uspořádání bylo v evidenci dopravních nehod zachováno pro zajištění návaznosti i po novém rozčlenění území do celkem 14 krajů [6].



Obrázek 2 – Rozdělení krajů před rokem 2000

Každý kraj je v databázi reprezentován jedním souborem typu Excel. Názvy souborů s příslušností kraje uvádí přehled v tabulce č. 1.

Tabulka 1 – Rozdělení souborů podle krajů

Název souboru databáze nehod	Název kraje	Číslo
9GPS00KRAJ_VL.xls	Praha	0
9GPS01KRAJ_VL.xls	Středočeský kraj	1
9GPS02KRAJ_VL.xls	Jihočeský kraj	2
9GPS03KRAJ_VL.xls	Západočeský	3
9GPS04KRAJ_VL.xls	Severočeský kraj	4
9GPS05KRAJ_VL.xls	Východočeský kraj	5
9GPS06KRAJ_VL.xls	Jihomoravský kraj	6
9GPS07KRAJ_VL.xls	Severomoravský kraj	7

Členění údajů v jednotlivých souborech do dílčích listů odpovídá členění krajů na okresy. Každý list souboru tedy obsahuje údaje o dopravních nehodách jednoho

okresu daného kraje. Výjimku zde tvoří specifická Praha. Soubor nehod pro Prahu obsahuje čtyři listy označené římskými číslicemi dokreslujícími rozdělení Prahy na 4 části.

Pokud tedy např. šetříme dopravní nehodovost na území okresu Liberec, otevřeme soubor „9GPS04KRAJ_VL.xls“ reprezentující Severočeský kraj a zvolíme List označený LB. Zde jsou zaznamenány všechny dopravní nehody v daném období. Vložený obrázek č. 3 dokumentuje část obsahu listu z databáze nehod v okrese České Budějovice.

y	x	p1	p36	p37	p38	p2a	den	čas	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12	p13a	p13b	p13c	p14	p15	p16	p17
1166096,308	755755,568	020106090001	6			01.01.2009	5	1600	3	0	3	2	1	2	504	0	0	0	5	1	1	1
1165561,467	756444,729	020106090002	6			02.01.2009	6	1410	2	0	0	2	1	2	504	0	0	0	150	5	1	1
1191495,62	737958,07	020106090004	2	154	2433	01.01.2009	5	0300	3	0	4	1	1	0	205	0	0	1	305	2	1	1
1166094,341	755449,098	020106090005	6			04.01.2009	1	1445	3	0	2	2	1	2	204	0	0	0	950	2	3	1
1151360,247	758153,219	020106090006	2	105	11600	04.01.2009	1	1600	9	0	0	1	1	2	204	0	0	2	1250	2	6	1
1162843,388	751021,927	020106090007	1	34	391	04.01.2009	1	2215	3	0	4	2	1	2	203	0	0	0	1750	2	1	1
1164813,965	757604,04	020106090008	6			05.01.2009	2	0245	3	0	2	1	1	1	203	0	0	1	1800	2	3	1
1161192,572	762121,718	020106090009	3	14321	177	05.01.2009	2	0455	1	1	0	1	1	1	502	1	0	0	2300	2	8	6
1162888,661	746051,586	020106090010	1	34	940	05.01.2009	2	0640	1	4	0	2	1	2	503	0	0	0	250	2	8	1
1155643,992	766332,659	020106090011	1	20	19862	05.01.2009	2	0835	9	0	0	1	1	2	204	0	0	1	2000	2	3	1
1155133,691	766642,3	020106090012	1	20	19802	05.01.2009	2	0930	9	0	0	1	1	2	204	0	0	1	500	2	8	1
1165740,304	756163,475	020106090013	6			05.01.2009	2	0925	4	0	0	1	1	2	412	0	0	1	50	2	3	1
1166739,528	754088,843	020106090014	2	157	5149	05.01.2009	2	1341	1	3	0	2	1	2	204	0	0	0	50	2	6	1
1164509,573	758472,827	020106090015	6			05.01.2009	2	2055	2	0	0	2	1	2	508	0	0	0	250	2	8	1
1166403,963	754920,188	020106090018	6			06.01.2009	3	0705	1	3	0	2	1	2	403	0	0	0	500	2	5	1
1167485,018	756268,346	020106090020	6			07.01.2009	4	1530	1	4	0	1	1	2	503	0	0	1	380	2	3	1
1168507,089	752335,209	020106090021	6			07.01.2009	4	1925	3	0	6	2	1	0	204	0	0	0	600	2	6	1
1170388,237	757250,483	020106090022	3	354	396	07.01.2009	4	2220	0	0	0	2	1	0	203	0	0	0	150	2	3	1
1171542,456	758086,303	020106090023	3	354	541	08.01.2009	5	1514	4	0	0	1	1	2	412	0	0	1	0	2	5	1
1162269,105	757268,899	020106090025	1	20	21025	09.01.2009	6	0600	3	0	2	2	1	0	508	0	0	0	550	2	1	1
1165087,264	755892,561	020106090026	6			09.01.2009	6	0960	2	0	0	2	1	0	508	0	0	0	50	2	1	1
1167430,607	757393,94	020106090027	1	3	11478	09.01.2009	6	1710	1	2	0	1	1	2	403	0	0	1	3350	2	1	1
1165856,955	755627,239	020106090028	6			10.01.2009	0	0945	3	0	3	2	1	2	204	0	0	0	620	2	5	1
1170034,977	754042,899	020106090029	2	156	496	10.01.2009	0	1327	1	2	0	2	1	2	306	0	0	0	1838	2	3	2
1164823,526	758303,169	020106090031	6			12.01.2009	2	1060	2	0	0	2	1	0	508	0	0	0	100	2	3	1
1182247,85	745507,646	020106090032	6			13.01.2009	3	0925	9	0	0	2	1	2	204	0	0	0	100	1	6	1
1151858,242	769436,74	020106090033	1	20	19362	13.01.2009	3	1005	1	1	0	1	1	2	501	0	2	0	27050	2	1	1
1165694,117	756523,294	020106090034	1	3	11276	13.01.2009	3	1335	1	4	0	2	1	0	503	0	0	0	200	2	1	1
1164920,62	755861,556	020106090035	6			13.01.2009	3	1400	4	0	0	1	1	2	412	0	1	0	200	2	1	1
1165016,283	755520,391	020106090037	6			14.01.2009	4	1115	3	0	3	2	1	2	504	0	0	0	50	2	6	1
1190697,202	729162,945	020106090038	3	15618	889	14.01.2009	4	1710	1	3	0	2	1	0	502	0	0	0	50	2	1	1
1164822,685	757826,12	020106090042	6			15.01.2009	5	0615	1	4	0	2	1	1	203	0	0	0	1000	2	3	1
1169365,123	760599,704	020106090043	2	143	3840	15.01.2009	5	1110	3	0	6	1	1	2	204	0	0	2	120	2	6	4
1164752,414	758560,414	020106090044	6			15.01.2009	5	1245	1	3	0	2	1	2	403	0	0	0	1030	2	3	1
1171947,877	755092,252	020106090045	3	15523	850	16.01.2009	6	0800	3	0	1	1	1	2	204	0	0	1	100	2	5	1

Obrázek 3 – Ukázka databáze dopravních nehod Policie ČR

4.1.1 Popis údajů v databázi

Uspořádání dat na každém listu databáze je identické. Údaje pro jednu nehodu jsou uvedeny na jednom řádku listu a představují celkem 60 sledovaných parametrů dopravní nehody. Každý jeden parametr tak odpovídá jednomu sloupci listu. Jednotlivé listy všech souborů (krajů) jsou zpracovány ve stejném formátu.

První řádek každého listu obsahuje názvy (hlavičky) všech parametrů. Názvy parametrů jsou kódovány a ke zjištění jejich obsahu je nutná legenda (je součástí obsahu příloženého CD pod číslem 1). První dva parametry záznamu o nehodě určují souřadnice místa nehody. Třetí parametr udává přesný datum a čas nehody. Ostatní parametry udávají další podrobné informace o dopravní nehodě. Hlavní z nich uvádím v tabulce č. 2.

Tabulka 2 – Ukázka parametrů dopravní nehody

Druh vozidla	Dělení komunikace	Kategorie řidiče
Druh pozemní komunikace	Technická závada vozidla	Vzdělání řidiče
Lokalita nehody	Denní doba	Stav řidiče
Druh nehody	Stav komunikace	Smyk
Druh pevné překážky	Směrové poměry	Vozidlo po nehodě
Rozhledové poměry	Kategorie chodce	Následky ve vozidle
Celková hmotná škoda	Číslo pozemní komunikace	Vnější ovlivnění řidiče
Následky nehody (do 24hod)	Údaje o vozidle	Délka řidičské praxe

Jednotlivé údaje záznamu nehody jsou udány absolutní hodnotou (např. hmotná škoda, počet mrtvých či zraněných), nebo formou číselného kódu, jehož interpretaci najdeme rovněž v příložené legendě. Kupříkladu parametr *p2a* nese záznam data dopravní nehody ve tvaru **dd.mm.rrrr**, parametr *p14* udává celkovou hmotnou škodu (ve stokorunách). Ve většině případů se však jedná o parametry vyjádřené číselným kódem. Například parametr *P36* může obsahovat číslice v rozmezí 0-8, kde každé číslo reprezentuje jiný druh pozemní komunikace (0 = dálnice, 1 = silnice 1. třídy, 2 = silnice 2. třídy,...). Ukázku dílčí části konkrétního záznamu jedné dopravní nehody dokumentuje tabulka č. 3.

Tabulka 3 – Ukázka záznamu dopravní nehody

p36	p9	p14	p17	p18	p28	p44	p48b	i
1	2	6200	1	6	3	5		NASADECH

Význam jednotlivých parametrů a číselného kódu v tabulce č. 3 vysvětluje následující seznam.

- P36 = Druh pozemní komunikace (1 = silnice první třídy)
- P9 = Charakter nehody (2 = pouze hmotné škody)
- P14 = Celková škoda na vozidle v Kč (stokorunách)
- P17 = Stav komunikace (1 = bez závad)
- P18 = Povětrnostní podmínky (6 = náledí)
- P28 = Směrové poměry (3 = zatáčka)
- P44 = Druh vozidla (5 = nákladní vozidlo)
- P48b = Doplnující údaje o vozidle
- I = Místo nehody (v obci)

4.2 Měření intenzity dopravy

Dalším důležitým vstupním parametrem pro výpočet frekvence nehod je počet najetých kilometrů v nákladní dopravě po českých silnicích za období jednoho roku (D). V roce 2010 proběhlo poslední celostátní sčítání dopravy (sčítání probíhá každých 5 let). Výsledky celostátního sčítání dopravy poskytují informace o intenzitách automobilové dopravy na dálniční a silniční síti České republiky. Tyto výsledky jsou reprezentovány v excelovské tabulce (viz obrázek číslo 4) ve které je síť českých silnic rozdělena na úseky, na niž je prováděno měření intenzity dopravy.

KU	STANOVISTE_SCITACE	DELKA	LN	SN	SNP
Vestec	pod mostem se silnicí 101	4161	2297	1501	392
x s 603 - Vídeňská	asfaltová plocha na přivaděči před Vestcem	1578	665	221	20
Pisnice		1034	1906	979	306
Zbraslav	plocha před tunelem Cholutice	5180	1906	979	306
Lochkov	před tunelem Lochkov ve směru na D1	5047	2461	1140	504
Slivenec	odkladiště stav.materiálu nad R1	967	3351	1318	515
Ořech, zaús.1154	na mostě-ul. K Autisu	3505	5172	2487	646
Jinočany	směr Jinočany - Ořech, na mostě	1342	4924	2413	543
Chrášťany	za svodidlem, úsek mezi Jinočany a mostem K Ře	1652	5088	2441	743
Třebonice, vyús. D5	pod mostem přes R1	725	5088	2441	743
Řepy, x s 6	Na mostě (polní cesta pro údržbu komunikace), p	3226	3387	1110	220
Ruzyně-jih, zaús. 7	hláska SOS 27,5km, po obou stranách R1	2655	2464	1113	364
H. Počernice, vyús.D11	asfalt. plocha na R1 při vyústění D11 na R1, pro	1157	3341	1481	310
Běchovice	pod žel.mostem za svodidlem, po obou stranách F	2393	3492	1821	349
hr.okr. PY a PZ	pod prvním mostem na R1 ve směru od D1	3514	2395	1227	450
Jesenice		3279	2395	1227	450
x s 334	před x s 334	2625	334	158	22
Zásmuky k.z.	Zásmuky z.z.	6216	368	160	15
x s125	Bečváry, u hospody	4482	336	208	23
hr.okr.Kolín a Kutná Hora	před x na Sedlov	3799	252	189	16
Suchdol z.z.	před Suchdolem	390	252	189	16
Kutná Hora z.z.	Přítoky - zast.AD	6662	457	144	22
zaús.3377		896	424	165	23
zaús.03321	KH-nová silnice	1491	786	272	47
zaús.126	ul.Masarykova u pošty	1302	271	94	12
Kutná Hora k.z.	Sil.2, Kutná hora, Sedlec, ÚNS, zast.bus (auto an	1799	716	321	48
x s 38	Sedlec - tabák.tov.	364	716	321	48
vyús.327	Nové Dvory (u nové truhlárny)	721	414	192	23
hr.kr.Středoč.a Pardub.	Mikuláš - ček.AD	10301	178	128	15

Obrázek 4 – Tabulka sčítání dopravy 2010

Z tabulky lze rovněž zjistit délky jednotlivých úseků, kde docházelo k měření intenzity dopravy. Řádky tabulky zachycují vždy jeden konkrétní úsek a každý sloupec parametr, jenž byl při sčítání sledován (konkrétně 30 parametrů). Význam všech parametrů obsahuje tabulka číslo 4.

Tabulka 4 – Legenda zkratk celostátního sčítání dopravy

Zkratka	Význam
KK	Kód kraje
NAZEV KRAJE	Název kraje
OK	Kód okresu
TR	Třída silnice (1-dálnice, 2-silnice I.ř., 3-silnice II.ř., 4-silnice III.ř.)
SIL	Číslo silnice
USEK	Číslo úseku
ZU	Začátek úseku
KU	Konec úseku
STANOVISTE SCITACE	Stanoviště sčítače
DELKA	Délka úseku
LN	Lehká nákladní vozidla (užitečná hmotnost do 3,5t) bez/i s přívěsy
SN	Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10t) bez přívěsů
SNP	Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10t) s přívěsy
TN	Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10t) bez přívěsů
TNP	Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10t) s přívěsy
NSN	Návěsové soupravy nákladních vozidel
A	Autobusy
AK	Autobusy kloubové
TR	Traktory bez přívěsů
TRP	Traktory s přívěsy
TV	Těžká motorová vozidla celkem
O	Osobní a dodávková vozidla bez přívěsů i s přívěsy
M	Jednostopá motorová vozidla
SV	Všechna motorová vozidla celkem (součet vozidel)
TNV	Těžká nákladní vozidla
PS	Poměr intenzit protisměrných dopravních proudů v nedělní (odpolední)
ALFA	Ukazatel variací silniční dopravy - poměr intenzity v letní neděli
BETA	Ukazatel variací silniční dopravy - poměr intenzity v letním pracovním dnu
GAMA	ALFA/BETA [-]
C	Cyklisté [cykl/24h]

Zpracováním tohoto zdroje získáme informace o intenzitách automobilové dopravy na dálniční a silniční síti České republiky (D).

4.3 Mapové podklady

Mapové podklady sloužily k získání údajů podílu úseku i z celkové délky komunikace. Využili jsme serveru Mapy.cz, ze kterého bylo možno vyčíst délky rozlišovaných úseků komunikací (zataček, křižovatek, přímých úseků a obcí) (parametr P_i pro vzorec 8).

Před samotným rozdělením komunikace na hledané úseky bylo však zapotřebí správně definovat všechny pojmy. Pro naše účely se zaměříme jen na silnice 1. třídy a 2. třídy. Na ostatních typech komunikace předpokládáme výrazně nižší intenzitu nákladní dopravy, a proto je nebudeme do výpočtů zahrnovat.

„Silnice I. třídy v České republice jsou podle zákona o pozemních komunikacích (č. 13/1997 Sb.) určeny zejména pro dálkovou a mezistátní dopravu. Označují se jednomístným nebo dvojímístným číslem, před nímž se někdy v dokumentaci uvádí ještě římské číslo I oddělené lomítkem. V současné době jsou použita čísla 1–71“ [7]. V České republice je v současnosti 70 silnic I. třídy, spadají sem všechny rychlostní silnice. Mezi silnicemi I. třídy nezahrnujeme dálnice a místní komunikace I. třídy (například městské okruhy v Praze a Brně či radiály a spojky).

Silnice 2. třídy se v Česku označují trojciferným číslem. Čísluje se vesměs kontinuálně od 100 dále. Základní číslování je nezávislé na číslování silnic 1. třídy a probíhá tímto směrem: Praha – Čechy jižně od Prahy – západně od Prahy – severně od Prahy – východně od Prahy – Vysočina – jihozápadní Morava – jižní Morava – střední Morava – Slezsko – (jiho)východní Morava (řada plynule pokračuje na západním Slovensku). Takto jsou dána čísla až po 498 [8].

4.3.3 Definice jednotlivých úseků komunikace

Pozemní komunikace lze rozdělit na jednotlivé úseky.

- **přímý úsek**

„úsek trasy pozemní komunikace, v němž nedochází ke změnám směru (ČSN 73 6100-2)

- **křižovatka**

křížení dvou nebo několika pozemních komunikací (ČSN CEN/TS 14821-1)

průsečík dvou nebo více pozemních komunikací (ČSN CEN/TS 14821-1)

základní prvek silniční sítě, spojující dva nebo více prvků pozemní komunikace

- **hranice křižovatky**

místo vyznačené vodorovnou dopravní značkou „Příčná čára souvislá“, „Příčná čára souvislá se symbolem Dej přednost v jízdě!“ nebo „Příčná čára souvislá s nápisem STOP“; kde taková dopravní značka není, tvoří hranici křižovatky kolmice k ose vozovky v místě, kde pro křižovatku začíná zakřivení okraje vozovky.

- **obec**

demografický útvar tvořící územní celek, vymezený hranicí území obce (ČSN 73 6100-2) zastavěné území, jehož začátek a konec je na pozemní komunikaci označen příslušnými dopravními značkami; na účelových komunikacích se značky neosazují Zák. 361/2000 Sb.

- **zatáčka**

pojem zatáčka, není ve slovníku dopravní terminologie definován“ [9]. Proto byla zatáčka vymezena, jako úsek silnice, kde dochází k viditelnému ohybu vozovky a její začátek/konec je brán odhadem.

Díky definicím jsme schopni přesněji určit začátek/konec jednotlivého úseku a získat tak jejich přesnější délku. Náš konkrétní postup bude popsán v následující kapitole 5. Zpracování vstupních dat.

5 Zpracování vstupních dat

5.1 Určení četností nehod

Prvním krokem zpracování vstupních dat je určení četností nehod. Budeme tedy vycházet z databáze dopravních nehod. Databáze pro jeden rok (2009) obsahuje okolo 70 000 záznamů o dopravních nehodách, proto byl vytvořen softwarový nástroj pro převod a zpracování údajů zadaných řešitelem do podoby vhodné k následné analýze.

Vytvořený softwarový nástroj je zpracován ve vývojovém prostředí VBA. Jeho prvotním úkolem je automatizované zpracování údajů podle pokynů uživatele do výsledných tabulkových přehledů, které jsou čitelné, pro zpracovatele srozumitelné a vhodné k následnému zpracování. Popis vytvořeného softwarového nástroje je důkladně popsán v kapitole číslo **6 Softwarový nástroj**.

5.2 Určení počtu najetých kilometrů

Výpočet frekvence dopravních nehod nákladní dopravy je v předkládané práci proveden pouze pro silnice 1. a 2. třídy, kde je možno předpokládat větší vliv charakteru jednotlivých úseků silničních komunikací na vznik havárií. Při určení počtu najetých kilometrů se tedy zaměříme pouze na silnici 1. třídy a 2. třídy, a tedy parametr TR omezíme na hodnoty 1 a 2. Do výpočtu pak zahrneme pouze nákladní vozidla tj. typy vozidel SN, SNP, TN, TNP, NSN, TV, TNV (vysvětlení jednotlivých pojmů naleznete v tabulce číslo 4).

Samotný výsledek [K] je pak získán jako součet hodnot ve výše uvedených sloupcích [T_r], vynásobený sloupcem **DELKA** [D_r] (obsahující délku měřeného úseku) a součtem výsledných hodnot.

$$K = T_r \cdot D_r \quad (9)$$

kde T_r = součet počtu námi hledaných vozidel v řádku r,
 S_i = počet vozidel daného typu (SN, SNP atd.) ve sloupci i,
 D_r = délka jednotlivých úseků [m] v řádku r,
K = výsledná délka typu vozovky 1. a 2. třídy [m].

Ukázku postup zachycuje obrázek číslo 5.

$T_r = \sum_0^6 S_i$

DELKA	LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	TV	TNV
4161	2297	1501	392	338	547	4405	53	9533	13942
1578	665	221	20	84	33	218	15	1257	970
1034	1906	979	306	339	363	3990	54	7938	11949
5180	1906	979	306	339	363	3990	54	7938	11949
5047	2461	1140	504	415	644	4280	34	9478	13811
967	3351	1318	515	480	661	4943	35	11303	15706
3505	5172	2487	646	404	792	4688	181	14370	16934
1342	4924	2413	543	481	710	5111	81	14263	17433
1652	5088	2441	743	434	594	4816	109	14225	16925
725	5088	2441	743	434	594	4816	109	14225	16925
3226	3387	1110	220	548	296	1433	762	7758	6954
2655	2464	1113	364	521	431	1620	301	6821	7357

$K = T_r \cdot D_r$

Obrázek 5 – Výpočet intenzity dopravy

Evidence intenzity dopravy se provádí v cyklu pěti let formou excelovské tabulky se stejným formátem, proto pro rychlejší zpracování údajů (filtrování informací) bylo vytvořeno makro (makro je součástí obsahu příloženého CD pod číslem 2).

Makro

Makro v excelu lze chápat jako jednoduchý program, který usnadňuje zpracování opakujících se činností. Lze ho definovat jako posloupnost akcí, funkcí a příkazů. V našem případě bylo použito při zpracování jednoho listu.

Makro provádí tři kroky:

1. Filtrace nepotřebných dat (například silnic 3. třídy)
2. Sečtení najetých kilometrů pro námi sledované typy vozidel na jednotlivých úsecích.
3. Sumarizace hodnot a vytvoření nového listu s výsledky.

Výsledek makra

Pomocí makra získáme hodnoty o najetých kilometrech.

Najeté kilometry na silničních komunikacích **1. třídy: 2 894,3 [mil km/rok]**

2. třídy: 830[mil km/rok]

5.3 Určení délky kritických úseků silničních komunikací

Určení délky kritických úseků silničních komunikací se provede ze serveru Mapy.cz. Využitím mapových podkladů získáme poměr délky jednotlivých úseků (parametr P_i) nutný pro výpočet frekvence nehod. Výpočet byl zaměřen pouze na silnice 1. a 2. třídy.

5.3.1 Délky úseků pro silnice 1. třídy

Z celkového počtu 70 silnic 1. třídy jsme vytyčili 10 vzorových silnic, které poslouží jako předloha pro zjištění celkového podílu jednotlivých úseků na území České republiky.

Tabulka 5 – Vzorové silnice

číslo	označení	trasa	délka (km)
12	I/12, R/12	Praha (R1) – Český Brod – Kolín (I/38)	34,432
14	I/14	Liberec (I/13, I/35) – Jablonec nad Nisou (I/65) – Tanvald (I/10) – Harrachov-Mýtiny (I/10) – Vrchlabí – Trutnov (I/16, I/37) – Červený Kostelec – Náchod (I/33) – Náchod-Staré Město nad Metují (I/33) – Nové Město nad Metují – Dobruška – Rychnov nad Kněžnou – Vamberk (I/11) – Ústí nad Orlicí – Česká Třebová – Třebovice (I/43)	221,779
15	I/15	Most (I/27) – Skršín (I/28) – Lovosice (D8, I/8, I/30) – Litoměřice – Ústěk – Zahradky (I/9)	74,360
28	I/28	Louny – Skršín (I/15)	14,543
30	I/30	Lovosice (D8) – Ústí nad Labem (I/62) – Chlumec (I/13)	32,821
39	I/39	Kamenný Újezd (I/3) – Český Krumlov – Horní Planá - Volary – Lenora – Lenora-Houžná (I/4)	72,279
53	I/53	Znojmo (I/38) – Pohořelice (I/52)	38,303
60	I/60	Jeseník (I/44) – Javorník (Polsko)	32,643
69	I/69	Vsetín (I/57) – Vizovice (I/49)	18,038
71	I/71	Uherský Ostroh (I/55) – Blatnice pod Svatým Antonínkem (I/54) – Velká nad Veličkou (Slovensko)	21,596

Každá z uvedených silnic 1. třídy byla ručně pomocí serveru Mapy.cz rozdělena na jednotlivé dílčí úseky (zatačky, křižovatky, přímé úseky a obce), podle definic

v kapitole 4.1.3. Vzorové rozdělení silnice I/69 na jednotlivé úseky dokumentuje obrázek číslo 6.



Obrázek 6 – Vzorová silnice I/69 (dílčí úseky)

Na všech deseti námi vybraných silnicích byl aplikován postup, jako u vzorové silnice I/28.

Vzorová silnice I/28

Silnice s označením I/28 je silnice 1. třídy vedoucí z města Louny do Skršína, jejíž délka je 14,5 km. Stejně jako všechny vzorové silnice uvedené v tabulce č. 4 byla i tato rozdělena podle dílčích úseků. Posloupnost úseků ze směru Louny na Skršín zobrazuje tabulka č. 6, kde písmeno označuje typ úseku (o=obec, k=křižovatka, r=přímý úsek, z=zatáčka) a číselná hodnota délku v metrech.

Tabulka 6 – Vzorová silnice I/28

Začátek	Konec
Louny	Skršín
o800 - k50 - r1050 - k50 - r700 - k 50 - z100 - r300 - k50 - r500 - k50 - r100 - k50 - r750 - z700 - r380 - k50 - 400 - k50 - r80 - k50 - r350 - z100 - r600 - k50 - r550 - k50 - r1300 - k50 - r1000 - k50 - z550 - k80 - z300 - 450 - k50 - z350 - k80 - z250 - r400 - k50 - z400 - r100 - z500	

Po sečtení všech délek jednotlivých úseků jsme získali pro silnici I/28 hodnoty:

- obec 800 m
- křižovatky 960 m
- přímé úseky 9510 m
- zatáčky 3250 m

Hodnoty vzorových silnic

Aplikováním tohoto postupu na všech 10 vzorových silnicích jsme získali data obsažená v tabulce č. 7.

Tabulka 7 – Hodnoty vzorových silnic

Označení	Obec (m)	Přímý úsek (m)	Zatáčka (m)	Křižovatka (m)
I/12	3800	29100	1000	150
I/14	17300	34650	17800	560
I/15	28200	39100	5500	1420
I/28	750	9510	3250	1010
I/30	23000	4300	200	4500
I/39	24600	33300	12600	1700
I/53	2700	30300	3900	1350
I/60	14000	13500	4600	500
I/69	12300	3500	1900	300
I/71	9200	9500	2500	300

Tabulka č. 8 obsahuje hodnoty všech měřených úseků a jejich podíl z celkové délky.

Tabulka 8 – Statistika vzorových silnic 1. třída

	délka úseků (m)	procent z celku (%)	Podíl na celku 1. třída
Obec (m)	135850	33,32	0,333
Přímý úsek (m)	206760	50,72	0,507
Zatáčka (m)	53250	13,06	0,13
Křižovatka (m)	11790	2,89	0,028

5.3.2 Délky úseků pro silnice 2. třídy

U tohoto druhu silnic nebudeme postupovat stejně jako u silnic vyšších tříd. Důvodem je skutečnost, že počet nákladních vozidel je zde výrazně nižší, tedy počet najetých kilometrů nákladními vozidly je zde výrazně menší. Dalším důvodem je fakt, že silnice 2. třídy jsou velmi rozmanité co do členění na přímé úseky, zatáčky, křižovatky a úseky v obci. Nelze u nich aplikovat stejný postup, jaký jsme použili u vozovek 1. třídy. Výsledky jsou závislé na výběru vzorových silnic. Při porovnání několika náhodných komunikací, jsme zjistili velmi odlišný charakter a zpracovat všechny silnice 2. třídy by bylo náročné. Z těchto důvodů použijeme v diplomové práci rovnou expertní odhad a podíl jednotlivých úseků stanovíme pro náš výpočet takto:

úsek	P_i
- Obec	0,5
- Přímý úsek (mimo obec)	0,25
- Zatáčka (mimo obec)	0,15
- Křižovatka (mimo obec)	0,1

6 Softwarový nástroj

Softwarový nástroj slouží k automatickému zpracování databáze nehodovosti podle potřeb uživatele. Byl vytvořen v programovacím jazyku Visual Basic for Application.

6.1 Moduly softwarového nástroje

Softwarový nástroj byl napsán tak, aby jeho výstup byl rozdělen na dva samostatné moduly, které slouží jako vstupní data vhodná pro další zpracování.

6.1.1 Modul nehodovosti

Modul nehodovosti je jeden ze dvou druhů výstupu softwarového nástroje. Tímto výstupem je tabulka četností, která obsahuje četnosti výskytu sledovaných atributů dopravní nehody a umožňuje snadné a přehledné získání dat podle zadání uživatele. Pro přehlednost je tabulka rozdělena do několika sloupců. Každý sloupec odpovídá jednomu konkrétnímu typu pozemní komunikace. U některých typů vozovky jsou výsledné četnosti rozděleny na nehody v obci a mimo obec, tedy do dvou sloupců. Ukázka tabulky četností vytvořená pomocí softwarového nástroje je uvedena na obrázku č. 7.

		Silnice 1.třídy	36/1	Silnice 2.třídy	36/2
X	Počet nehod celkem	2427		1554	
	Nákladní automobil 44/5	1462		1130	
	NA s přívěsem 44/6	243		113	
	NA s návěsem 44/7	722		311	
	Místo nehody				
X		v obci	mimo obec	v obci	mimo
	Druh vozidla podle nákladu				
X	Nebezpečný náklad 48b/1	0	1	1	
	Nebezpečný náklad 48b/2	8	11	3	
	Nebezpečný náklad 48b/3	1	2	0	
	Nadměrný náklad 48b/4	0	0	0	
	S výstražným znamením 48b/5	0	0	0	
	Právo přednosti 48b/6	0	0	0	
	Spavinění nehody				
X	Řidičem motorového vozidla 10/1	812	1544	608	
	Nezávislá Řidičem 12/100	50	268	44	
	Závadou komunikace 10/6	0	0	0	
	Technickou závadou vozidla 10/7	18	56	15	
	Únik látek				
X	Únik pohonné hmoty 50b/1	109	256	60	
	Únik - pevné látky 50b/2	0	1	0	
	Únik - kapalné látky 50b/3	0	1	0	
	Únik - plynné látky 50b/4	0	0	0	
	Ostatní úniky 50b/0	761	1605	600	
	Vozidlo po nehodě				
X	Následky - požár 50a/2	3	6	1	
	Charakter nehody do 24 hod				
	Zranění nebo usmrcení 9/1	255	464	168	
	Počet usmrcených osob 13/a	18	38	5	
	Počet těžce zraněných 13/b	37	82	32	
	Počet lehce zraněných 13/c	210	392	138	
	Celková hmotná škoda 14	1036797	3124187	552799	
	Úmrtíové poměry				
X	Přímý úsek 28/1	412	965	276	
	Přímý úsek po projekci zatáčkou 28/2	57	139	52	
	Zatáčka 28/3	92	247	106	
	Křižovátka 28/4 s 6	265	486	210	
	Kruhový objezd 28/7	44	26	16	
	Stav komunikace				
X	Bez závad 17/1	843	1797	633	
	Ostatní 17/2 - 12	27	66	27	

Obrázek 7 – Ukázka tabulky četností

6.1.2 Modul vnějších faktorů

Druhý modul v sobě jako výstup nese tabulka závislostí. Ta je obdobou tabulky četností, ukázka je zachycena v tabulce č. 9.

Tabulka 9 – Tabulka závislostí (povětrnostní podmínky / denní doba)

Silnice 1. třídy - Nákladní doprava		
Povětrnostní podmínky	Denní doba	
	den 19/1,2,3	noc 19/4,5,6,7
mlha 18/2	19	21
děšť 18/3 4	142	65
sněžení 18/5	58	48
náledí 18/6	19	26
nárazový vítr m18/7	12	7
Jiné ztížení 18/0	2	4

6.2 Visual Basic for application (VBA)

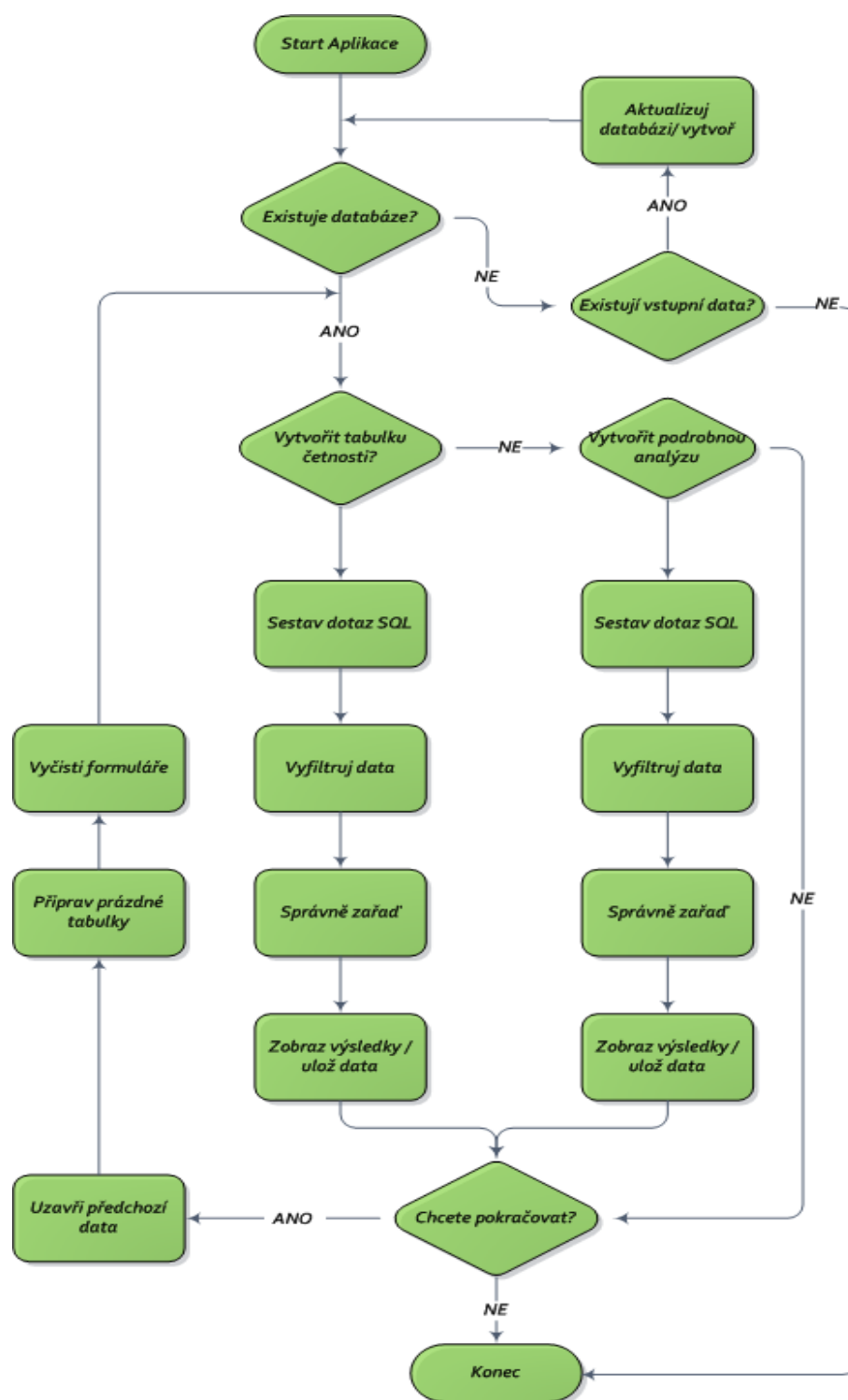
VBA je programovací jazyk, který je obsažen v balíčku Microsoft Office v aplikaci Excel. Výhodou tohoto jazyka je, že nepotřebuje své vlastní vývojové prostředí oproti ostatním jazykům, jako je Java, C# a další. Nepochybně dalším plusem je, že balíček MS Office je v dnešní době instalován na počítačích vybavených operačním systémem Windows, tedy na většině počítačů ve firmách i domácnostech.

Do editoru VBA se dostaneme přes prostředí Excel pouhým stisknutím kombinace kláves alt+f11, nebo pro starší verze Excelu (2003 a starší) pomocí záložek: **Nástroje > Makra > Editor jazyka Visual Basic**. V nových verzích Excelu 2007 je cesta do vývojového prostředí ještě snadnější. Na kartě „Vývojář“ je v levé části umístěno tlačítko „Visual Basic“, které uživatele přepne do prostředí VBA.

Pokud uživatel vytváří jednoduchý či složitý program v programovacím jazyku VBA, je nutné si nastavit prostředí Excel tak, aby podporovalo spuštění vytvořené aplikace. Verze 2003 a starší nastavují úroveň zabezpečení maker v záložkách **Nástroje** > **makra** > **Zabezpečení**, kde vybereme volbu nízké. V nových verzích potom na kartě „Vývojář“ tlačítko „Zabezpečení maker“.[10][11]

6.3 Postup zpracování dat softwarovým nástrojem

V prostředí VBA byla vytvořena aplikace pro zpracování dat podle zadání uživatele. Způsob zpracování dat je patrný z obrázku č. 8, který zachycuje vývojový diagram programu.



Obrázek 8 – Vývojový diagram aplikace

Aplikace je uložena v sešitu Excel pod názvem „aplikace.xlsm“. Při spuštění této aplikace je uživateli zobrazena úvodní obrazovka, kde má uživatel možnost ovlivnit další postup zpracování dat.

Obrázek 9 – Úvodní obrazovka aplikace

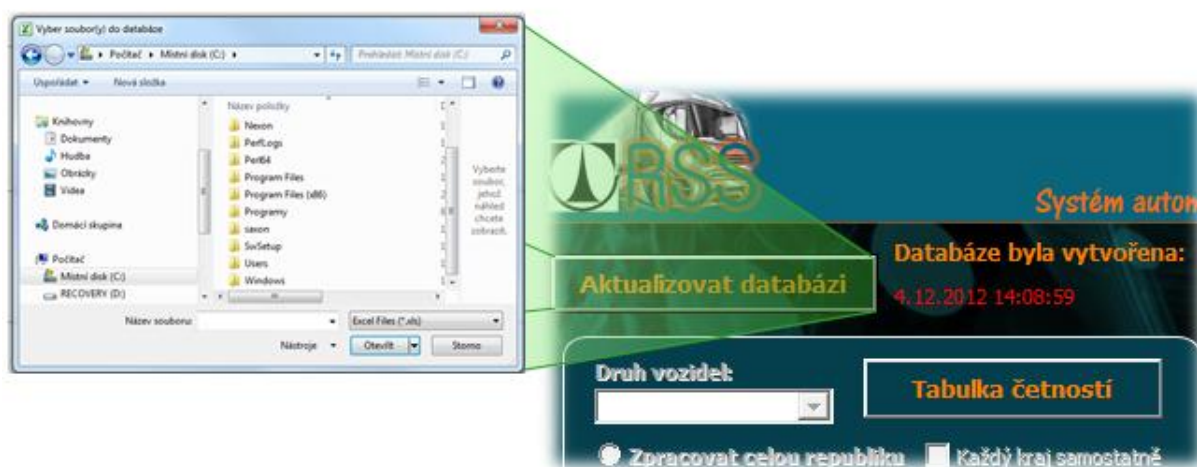
Na obrázku číslo č. 9 je zobrazena úvodní obrazovka (formulář) aplikace. Formulář slouží k nastavení konkrétní formy zpracování. Konečným výstupem jsou tabulky četností a tabulky závislostí. Samotný formulář se dá pomyslně rozdělit na tři podokna.

1. Uživatel má možnost aktualizovat databázi nehod. Data jsou uchovávána v databázi MS Access v jedné tabulce. Databáze byla právě takto navržena hned ze dvou důvodů. MS Access je součástí balíčku MS Office a tak stejně jako Excel je instalován ve většině počítačů, ale hlavně MS Excel dokáže se soubory vytvořené v této databázi pracovat i bez nainstalování této aplikace.
2. Druhé podokno aplikace slouží pro vybrání konkrétního úkonu aplikace. Uživatel má dvě možnosti zpracování dat. První vede k vytvoření tabulky četností, druhá k sestavení tabulky závislostí.

3. Poslední pomyslné podokno je informativní. Zde uživatel vidí průběh zpracování a může si zde zvolit konkrétní uložení výsledků. Aplikace je určena k rychlému zpracování dat, ale hlavně k přetvoření databáze do přehlednější podoby tak, aby každý člověk dokázal číst informace uvedené v databázi.

6.3.1 Aktualizace databáze nehod

Pokud se jedná o první spuštění aplikace, či pokud uživatel chce vytvořit aktuální databázi nehod, ze které bude aplikace získávat svá data, musí uživatel zvolit tlačítko „Aktualizovat databázi“.



Obrázek 10 – Aktualizace databáze

Po jeho stisknutí je uživatel vyzván (viz obrázek číslo 10), aby vybral všechny soubory obsahující data o nehodách, které chce zařadit do databáze programu pro pozdější zpracování. Aktualizaci databáze není potřeba provádět při každém spuštění aplikace. Databáze se uchovává a datum její poslední aktualizace je uveden na formuláři ve formátu „**Měsíc.Den.Rok Hodina:Minuta:Vteřina**“.

6.3.2 Sestavení tabulky četností

Aplikace uživateli poskytuje dva druhy výsledků. Prvním je tabulka četností. Pokud uživatel zvolí tento krok, má několik možností nastavení, díky kterým získá výsledky, které v danou chvíli potřebuje.

Obrázek 11 – Tvorba tabulky četností

Při zvolení možnosti „Zpracovat celý kraj“ či „Zpracovat jeden okres“ zde může uživatel vybírat ze všech krajů, které jsou uloženy v databázi.

Vytváření tabulky četností je možné rozdělit do dvou kroků, které aplikace provede zcela automaticky.

1. Vyfiltrování dat z databáze

Podle zvolených parametrů ve formuláři (viz obrázek číslo 11) bude sestaven SQL dotaz, který vyfiltruje potřebná data.

2. Zařazení do tabulky četností

Z vyhovujících dat je sestavena jedna tabulka, na kterou je aplikována metoda správného zařazení. Tato metoda každou nehodu (jeden řádek) rozdělí na parametry a podle těchto parametrů konkrétní dopravní nehodu správně zařadí do výsledné tabulky četností.

6.3.3 Sestavení tabulky závislostí

Pod pojmem „tabulky závislostí“ se ukrývá obdoba tabulky četností. Na rozdíl od tabulky četností si uživatel volí druh silniční komunikace, kterou chce sledovat. V souladu se zaměřením cíle diplomové práce se do tabulky závislostí zpracovávají

údaje o nákladní dopravě mimo obec na uživatelem zvoleném typu vozovky. Zpracování probíhá obdobně, jak je popsáno u tabulky četností.

6.3.4 Další informace pro uživatele

V pravé části formuláře jsou pro uživatele zobrazovány informace o místě uložení a průběhu zpracování.

Možnosti uložení:

☐ Implicitní cesta k uložení výsledků:

☐ Zvolit vlastní uložště výsledků: Nastav cestu

Kraj:

Okres: 0 %

Nalezeno --- nehod

Zařazeno bylo --- nehod

Verze 1.35

Na tomto místě se uživateli zobrazí cesta, kam se budou ukládat jeho výsledky. Ukládat se budou implicitně na stejné místo, kde je uložena aplikace, a to do složek ve formátu: **VysledkyHHMMSS** (aktuální čas).

Například: Vysledky160518

U těchto popisků bude uveden právě zpracovávaný Kraj a Okres, který je zařazován do jedné z výsledných tabulek.

Obrázek 12 – Informace pro uživatele

Ve spodní části formuláře jsou uvedeny pro uživatele další údaje, které ho informují o celkovém počtu nehod vybraných podle aktuálního zadání.

7 Určení frekvence nehod nákladních vozidel

Po zpracování všech vstupních zdrojů jsme získali potřebné hodnoty pro výpočet frekvence nehod. Při výpočtu frekvence nehod pro nákladní automobily budeme vycházet ze vzorce 5.

7.1 Vstupní data pro výpočet frekvence nehod

První vstupní parametr pro výpočet frekvence nehod nákladní dopravy byl získán pomocí softwarového nástroje (modul nehodovosti), díky kterému jsme byli schopni zjistit skutečné četnosti nehod nákladních automobilů na silnici první a druhé třídy a na jejich dílčích úsecích. Ostatní druhy komunikace jsme do výpočtů nezařadili, protože intenzita nákladní dopravy na silnicích třetí třídy a nižších je pro nás statisticky nevýznamná. Získaná data uvádím v tabulce č. 10.

Tabulka 10 – Četnosti nehod na silnicích 1. a 2. třídy

Celkem nehod	
Silnice 1. třídy	2371
Silnice 2. třídy	1536

Další data potřebná pro výpočet frekvence jsou zachycena v kapitole 5.2 Určení počtu najetých kilometrů a 5.3 Určení délky kritických úseků silničních komunikací.

7.2 Výpočet frekvence nehod nákladního vozu pro silnici 1. a 2. třídy

Pro získání základní frekvence je zapotřebí počet nehod a počet najetých kilometrů nákladní dopravy na komunikaci k . Dosazením do vzorce 4 získáme výsledná data zachycující tabulka 11.

Tabulka 11 - Frekvence nehod nákladní dopravy na 1 najetý km podle typu komunikace

	Celkem nehod	Najeté km [mil.km/rok]	Frekvence nehod
Silnice 1. třídy	2371	2894,3	$8,19 \cdot 10^{-7}$
Silnice 2. třídy	1536	830	$1,85 \cdot 10^{-6}$

7.3 Frekvence nehod nákladní dopravy podle lokálních podmínek

Frekvence havárie závisí nejenom na typu komunikace, ale také na lokálních podmínkách (zatačka, obec, křižovatka a další). Dosazením hodnot ze vstupních dat do vzorce 5 jsme schopni obecnou frekvenci nehod uvedenou v předchozí kapitole v tabulce 11 modifikovat podle lokálních podmínek pro jednotlivé úseky vozovky. Četnosti nehod na jednotlivých úsecích jsme získali pomocí sw nástroje (přesněji z modulu nehodovosti) a délka komunikace je získána z tabulky číslo 8.

Výsledné frekvence pro silnici 1. třídy a 2. třídy dokládají tabulky 12 a 13, kde proměnné ze vzorce 5 jsou zachyceny v jednotlivých sloupcích (N_i^k = nehody celkem, D_i^k = najeté kilometry a D_i^k = Frekvence nehod na 1 najetý km).

Tabulka 12 – Výsledná frekvence nehody na 1 najetý km pro silnice 1. třídy

Kritická místa	Nehody celkem	Najeté kilometry [km]	Frekvence nehod na 1 najetý km
V obci	826	963801900	$8,57 \cdot 10^{-7}$
Mimo obec - přímý úsek	965	1467410100	$6,576 \cdot 10^{-7}$
Mimo obec - zatáčka	386	376259000	$1,025 \cdot 10^{-6}$
Mimo obec - křižovatka	194	81040400	$2,393 \cdot 10^{-6}$
Součet	2371	2888511400	-

Tabulka 13 – Výsledná frekvence nehody na 1 najetý km pro silnici 2. třídy

Kritická místa	Nehody celkem	Najeté kilometry [km]	Frekvence nehod na 1 najetý km
V obci	644	415000000	$1,551 \cdot 10^{-6}$
Mimo obec - přímý úsek	382	207500000	$1,840 \cdot 10^{-6}$
Mimo obec - zatáčka	394	124500000	$3,164 \cdot 10^{-6}$
Mimo obec - křižovatka	116	83000000	$1,397 \cdot 10^{-6}$
Součet	1536	830000000	-

7.4 Nástin postupu odhadu frekvence nehod ADR

Pro získání frekvence nehod vozidel ADR lze použít metodiku, kterou jsme stanovili pro nákladní vozidla. Je možné postupovat stejným způsobem, vstupní data by však musela být rozšířena o nezbytné hodnoty udávající:

- počet nehod ADR na úseku i komunikace k ,
- celkový počet nehod ADR,
- počet najetých km ADR na i -tém úseku komunikace k ,
- celkový počet najetých km ADR,

Uvedený postup není možné aplikovat, neexistuje databáze, která by obsahovala hodnoty udávající počet najetých kilometrů pro ADR dopravu. V současnosti existuje databáze, obsahující počet najetých kilometrů, neudává však samostatnou hodnotu pro ADR. Veškerá nákladní doprava (i ADR) jsou zařazována do společné skupiny s označením TN, TNP či TNV. ADR je uváděno jako nákladní vozidlo (případně těžké nákladní vozidlo). V dnešních podmínkách není možné zjistit (vypočítat) přesné frekvence nehod pro ADR vozy.

7.5 Věrohodnost výsledných hodnot frekvence

7.5.1 Nejistota odhadu frekvence

Po určení postupu a výpočtu frekvence nehod na dílčích úsecích trasy je nutné podotknout, že výsledek (frekvenci) získáme z nějakého typu měření. Měření patří mezi základní způsob jak získat data (informace) o sledované veličině. Bohužel tento postup získávání dat sebou nese riziko zanášení chyb.

- **Hrubé chyby:** jsou způsobeny výjimečnou příčinou, nesprávním zapsáním výsledků, špatným měřicím přístrojem.
- **Systematické chyby:** vyskytují se při nevhodné volbě měřicí metody.
- **Náhodná chyba:** kolísají co do velikosti případně znaménka při opakování měření.

Samotným měřením nelze získat skutečné hodnoty. Rozdíl skutečné a naměřené hodnoty pak nazýváme absolutní chyba složky [12].

Základní zdroje nejistot ovlivňující výsledky jsou:

- nevhodný výběr přístroje,
- zaokrouhlování,
- nevhodný postup při měření,
- nedodržení shodných podmínek při opakování měření.

VYHODNOCENÍ TYPU A: variabilitu odhadujeme výpočtem ze série opakovaných měření.

VYHODNOCENÍ TYPU B: používá se pro odhad standardní nejistoty hodnoty veličiny, která nebyla získána opakovaným měřením. Odhad standardní nejistoty typu B je založen na informacích o možné variabilitě hodnot měřené veličiny.

V našem případě věrohodnost výsledných frekvencí snižuje fakt, že vstupní údaje potřebné pro výpočet frekvence jsou částečně odhadnuty. K posílení věrohodnosti chybí přesné délky kritických úseků jednotlivých silnic. Tyto údaje však nejsou obsaženy v žádné evidenci či databázi, výsledky je tedy nutné pokládat za věrohodné pouze na současné úrovni vědomostí.

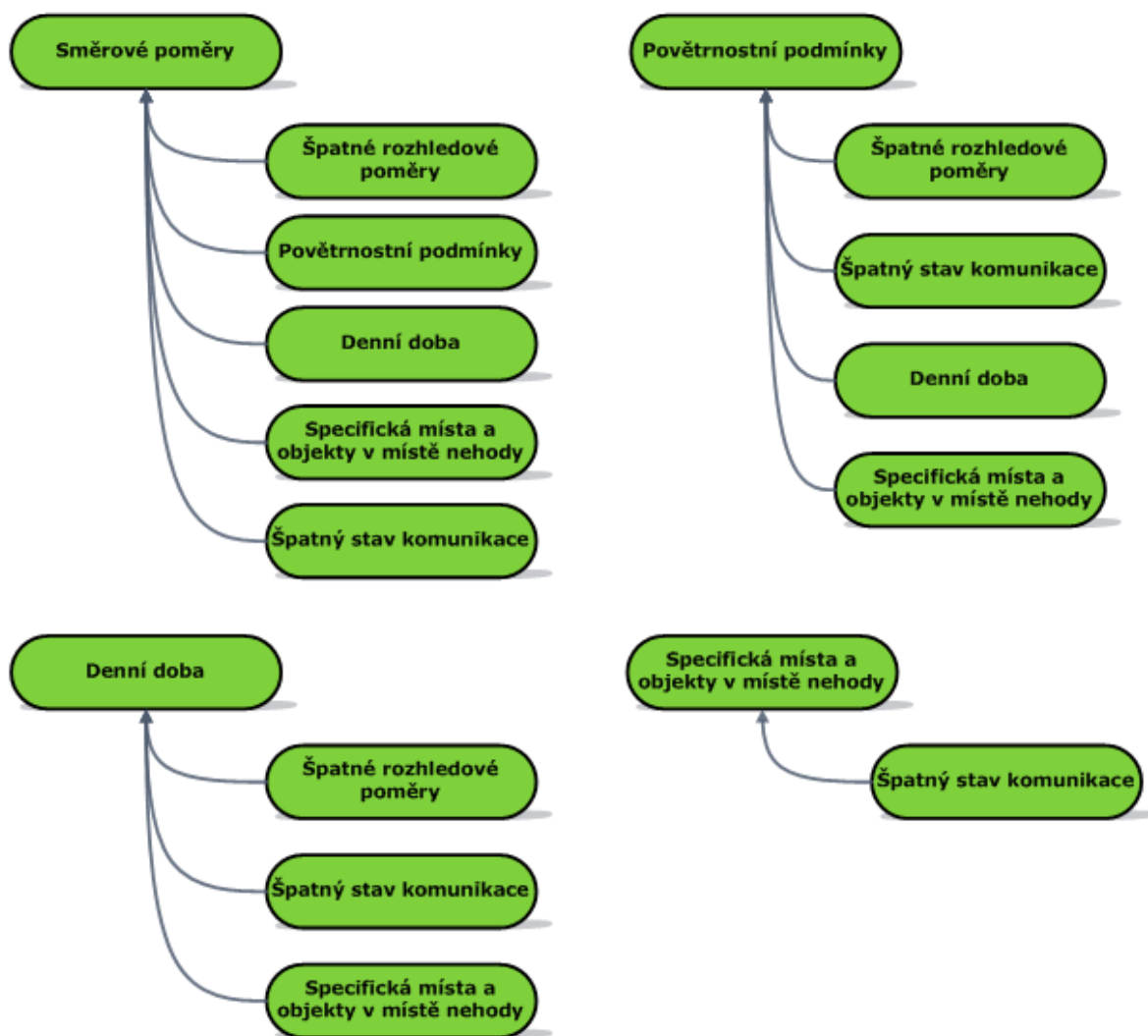
8 Analýza významnosti současného působení dílčích faktorů nehodovosti

Otázkou zůstává, zda existuje vztah mezi kritickými úseky komunikací a dalšími okolnostmi dopravní nehody, jako je denní doba, povětrnostní podmínky, rozhledové poměry a další. Naším úkolem je zjistit, zda při špatném počasí (např. mlze) v kritických úsecích komunikace (např. v zatáčce) dojde k nehodě s větší pravděpodobností, tj. zda současné působení několika faktorů nehody pravděpodobnost jejího výskytu zvyšují. Abychom byli schopni zodpovědět tuto otázku, vybrali jsme z evidence dopravních nehod vhodné parametry, na kterých budeme tuto závislost testovat.

Pro testování byly zvoleny tyto parametry:

- Směrové poměry
- Špatné rozhledové poměry
- Povětrnostní podmínky
- Denní doba
- Specifická místa a objekty v místě nehody
- Špatný stav komunikace

Schéma na obrázku č. 13 znázorňuje všechny analyzované závislosti mezi výše jmenovanými parametry dopravní nehody.



Obrázek 13 – Přehled hledaných závislostí

Pro naše účely byly analýze závislostí podrobeny nehody na silnicích první třídy, druhé třídy a místních komunikacích. Na ostatních typech vozovky byly četnosti nehod zanedbatelné. K testování závislostí byla použita metoda **Test chí-kvadrát nezávislosti** v kontingenční tabulce.

8.1 Testy zjišťování závislostí

Test chí-kvadrát nezávislosti je metoda vyjadřující závislost dvou znaků (**A**, **B**). „Sledujeme-li dva statistické znaky, získáme představu o závislosti těchto znaků tak, že zjištěné informace seřadíme do dvourozměrné tabulky, v jejíž legendě budou uvedeny variace jednoho znaku. V hlavičce pak varianty druhého znaku a v jednotlivých políčkách četnosti kombinací variací obou znaků. Tyto četnosti nazýváme **pozorované (empirické) četnosti** a značíme je n_{ij} . Konkrétně n_{ij} označuje empirickou četnost v i -tém řádku a j -tém sloupci tabulky. V posledním sloupci tabulky se uvádějí řádkové součty $n_{i\bullet}$ a v posledním řádku sloupcové součty $n_{\bullet j}$ empirických četností. Jelikož se tyto četnosti nalézají v okrajích tabulky, setkáváme se také s názvem marginální četnosti. V pravém dolním rohu tabulky je uveden celkový součet, tj. celkový počet pozorování n .

Tabulka 14 – Test chí-kvadrát nezávislosti

	Znak A 1s	Znak A 2s	...	Suma
Znak B – 1. skupina	Skutečná četnost	Skutečná četnost	...	$n_{1\bullet}$
Znak B – 2. skupina	Skutečná četnost	Skutečná četnost	...	$n_{2\bullet}$
Znak B – 3. skupina	Skutečná četnost	Skutečná četnost	...	$n_{3\bullet}$
Znak B – 4. skupina	$n_{i\bullet}$
Suma	$n_{\bullet 1}$	$n_{\bullet 2}$	$n_{\bullet j}$	n

$$n_{i\bullet} = \sum_{j=1}^s n_{ij} \quad (10)$$

$$n_{\bullet j} = \sum_{i=1}^r n_{ij} \quad (11)$$

Dvourozměrná tabulka pro kvalitativní znaky se nazývá **kontingenční tabulka**, pro kvantitativní znaky pak **tabulka korelační**. Pro ověření závislosti statistických znaků uspořádaných jak v kontingenční, tak i korelační tabulce existuje chí-kvadrát test nezávislosti dvou znaků. Tento test patří mezi ne parametrické metody, to znamená, že nevyžaduje znalost rozdělení zkoumaných statistických proměnných.

Při chí-kvadrát testu nezávislosti tvrdí hypotéza H_0 , že sledované znaky jsou nezávislé, alternativní hypotézou H_1 je pak hypotéza o jejich závislosti. K posouzení, zda empirické četnosti n_{ij} jsou či nejsou v rozporu s hypotézou H_0 o nezávislosti obou znaků, je třeba zkonstruovat tzv. **teoretické (očekávané) četnosti e_{ij}** , tj. četnosti, které by tabulka při stejných okrajových četnostech (řádkových a sloupcových součtech jednotlivých políček tabulky uvedených v jejích okrajích) obsahovala v případě nezávislosti sledovaných znaků.

Při konstrukci teoretických četností se vychází z poučky o pravděpodobnosti průniku nezávislých jevů. Pravděpodobnosti jednotlivých obměn znaku jsou při tom odhadnuty relativními četnostmi $\frac{n_i}{n}$ a $\frac{n_j}{n}$. Při hypotéze nezávislosti je tudíž pravděpodobnost výskytu v políčku daném indexy i a j rovna $\frac{n_i n_j}{n^2}$ a jí odpovídající teoretická četnost e_{ij} pak n násobku této pravděpodobnosti:

$$e_{ij} = \frac{n_i n_j}{n} \quad (12)$$

pro všechna i platí $i \in \{1, \dots, m\}, j \in \{1, \dots, n\}$

Testovací kritérium

Na rozdílech $n_{ij} - e_{ij}$ je pak založeno testové kritérium

$$K = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \quad (13)$$

kde r značí počet řádků a c počet sloupců kontingenční tabulky, přičemž řádek a sloupec s marginálními četnostmi se nezapočítává. Testové kritérium K má při platnosti hypotézy H_0 a za předpokladu, že všechny teoretické četnosti e_{ij} jsou větší než 1 a alespoň 80% z nich je větší než 5, přibližně rozdělení chí-kvadrát o ν stupních volnosti, přičemž $\nu = (r - 1)(c - 1)$.

Je zřejmé, že vysoké hodnoty testového kritéria znamenají velké rozdíly mezi skutečným obsazením tabulky a obsazením očekávaným při nezávislosti a svědčí tedy pro závislost mezi proměnnými.

Hypotéza H_0 o nezávislosti se pak zamítá na hladině významnosti α , je-li

$$K \geq \chi^2_{1-\alpha; (r-1)(c-1)},$$

tj. překročí-li hodnota testového kritéria 100 (1- α)-ní kvantil rozdělení χ^2 s počtem stupňů volnosti $\nu = (r - 1) (c - 1)$. V počítačových výstupech se opět k vypočtené hodnotě testového kritéria připojuje vypočtená hladina významnosti.

Velikost očekávaných četností, od kterých vyžadujeme, aby byly větší než 1 a alespoň 80% z nich větší než 5, souvisí se zjištěnými okrajovými četnostmi. Proto je vhodné málo zastoupené kategorie znaků z výzkumu vypustit anebo sloučit, je-li to logicky možné.“[13]

Standardizovaná rezidua:

Standardizovaná rezidua (dále jen SR) jsou vlastně normované odchylky skutečných hodnot od očekávané hodnoty.

$$t_{i,j} = \frac{(n_{i,j} - e_{i,j})}{\sqrt{e_{i,j}}} \quad (14)$$

Standardizovaná rezidua určit, zda se jedná o významnou odchylku dolů či nahoru[14].

8.2 Závislosti vnějších vlivů

Při zjišťování závislostí mezi vnějšími vlivy se budeme držet postupu popsaného výše. Jak znázorňuje obrázek číslo 13 – Přehled hledaných závislostí zajímají nás závislosti všech zmíněných vnějších vlivů. V případě, že chceme aplikovat výše popsanou metodu, však nelze zjistit závislosti u všech vlivů, jelikož z našich vstupních dat nejsme schopni dodržet podmínky pro použití metody. Neboť některé kontingenční tabulky, které jsme sestavili pro testování, obsahovaly četnosti rovné nule, byly tyto tabulky vyřazeny z testování. Při dodržení všech kritérií můžeme testovat závislosti:

směrové poměry / povětrnostní podmínky

směrový poměr / denní doba

povětrnostní podmínky / denní doba

tedy pro každé dva atributy vyslovíme hypotézu H_0 o nezávislosti a budeme ji testovat oproti alternativní hypotéze H_1 o závislosti. (např: H_0 : počet nehod nezávisí na souhře faktorů [směrové poměry / povětrnostních podmínky] budeme testovat proti alternativní hypotéze H_1 : počet nehod závisí na souhře faktorů [směrové poměry / povětrnostních podmínky]). Pro každý druh pozemní komunikace budeme testovat všechny 3 možné závislosti mezi vnějšími vlivy, tj. celkově testujeme 9 závislostí.

Pro zkoumání závislostí použijeme aparát testování hypotéz. Nulovou hypotézu položíme rovnu předpokladu, že počet nehod nezávisí na souhře faktorů. Pro kontingenční tabulky je přirozeným nástrojem χ^2 testů dobré shody, kterému se v tomto kontextu říká test nezávislosti v kontingenční tabulce.

8.2.1 Nezamítnuté závislosti

Výsledky testování hypotéz jsou uvedeny v přílohové části (na CD jako Příloha č. 3), na tomto místě uvedeme pouze nezamítnuté závislosti.

Závislosti jsme nezamítnuly u čtyř z devíti hypotéz. U silnice 1. a 2. třídy byla nezamítnuta závislost mezi povětrnostními podmínkami a denní dobou, dále pak mezi směrovým poměrem a denní dobou. Tabulky a výsledky testů jsou uvedeny níže.

Silnice 1. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)

Tabulka 15 – Skutečné četnosti - Silnice 1. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)

Skutečné četnosti		den	noc	suma
	mlha 18/2	19	21	40
	děšť 18/3 4	142	65	207
	sněžení 18/5	58	48	106
	náledí 18/6	19	26	45
	nárazový vítr 18/7	12	7	19
	Suma	250	167	417

Tabulka 16 – Standardizovaná rezidua - Silnice 1. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)

Standardizovaná rezidua		den	noc
	mlha 18/2	-1,01	1,24
	děšť 18/3 4	1,61	-1,96
	sněžení 18/5	-0,69	0,85
	náledí 18/6	-1,53	1,88
	nárazový vítr 18/7	0,18	-0,22

Testové kritérium: $G = 16.215$

Kritická hodnota: Kritická hodnota: $\chi_{(1-\alpha); df} = 9.5$ se stupněm volnosti 4

Výsledek testu:

Na hladině významnosti 5 % nulovou hypotézu H_0 o nezávislosti jednotlivých znaků zamítáme a přijímáme hypotézu H_1 , která nám říká, že zde určitá závislost existuje.

Interpretace výsledku:

Na základě výsledků testu zamítáme na hladině 5% hypotézu, že povětrnostní podmínky na denní době nezávisí. Pozitivně ovlivňuje nehodovost kombinace faktorů mlha v noci a déšť ve dne, negativně déšť v noci.

Silnice 1. třídy (směrové poměry/ denní doba)

Tabulka 17 – Skutečné četnosti - Silnice 1. třídy (směrové poměry/ denní doba)

Skutečné četnosti	den	noc	suma
Přímý úsek 28/1	629	336	965
Přímý úsek po projetí zatáčkou 28/2	104	35	139
Zatáčka 28/3	178	69	247
Křižovatka 28/4 5 6	166	28	194
Suma	1077	468	1545

Tabulka 18 – Standardizovaná rezidua - Silnice 1. třídy (směrové poměry/ denní doba)

Standardizovaná rezidua	den	noc
Přímý úsek 28/1	-1,68	2,56
Přímý úsek po projetí zatáčkou 28/2	0,72	-1,09
Zatáčka 28/3	0,44	-0,67
Křižovatka 28/4 5 6	2,64	-4,01

Testové kritérium: $G = 34.846$

Kritická hodnota: Kritická hodnota: $\chi_{(1-\alpha); df} = 7.8$ se stupněm volnosti 3

Výsledek testu:

Na hladině významnosti 5 % nulovou hypotézu (H_0) o nezávislosti jednotlivých znaků zamítáme a přijímáme hypotézu H_1 , která nám říká, že zde určitá závislost existuje.

Interpretace výsledku:

Na základě výsledků testu zamítáme na hladině 5% hypotézu, že směrové poměry na denní době nezávisí. Pozitivně ovlivňuje nehodovost kombinace faktorů přímý úsek v noci a křižovatka ve dne, negativně křižovatka v noci.

Silnice 2. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)

Tabulka 19 – Skutečné četnosti - Silnice 2. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)

Skutečné četnosti		den	noc	Suma
mlha	18/2	14	14	28
déšť	18/3 4	77	45	122
sněžení	18/5	39	22	61
náledí	18/6	13	14	27
nárazový vítr	18/7	5	2	7
Suma		148	97	245

Tabulka 20 – Standardizovaná rezidua – Silnice 2. třídy (povětrnostní podmínky/ denní doba)

Standardizovaná rezidua		den	noc
mlha	18/2	-0,70	0,87
déšť	18/3 4	0,38	-0,47
sněžení	18/5	0,35	-0,43
náledí	18/6	-0,82	1,01
nárazový vítr	18/7	0,37	-0,46

Testové kritérium: $G = 4.005$

Kritická hodnota: Kritická hodnota: $\chi_{(1-\alpha); df} = 9.5$ se stupněm volnosti 4

Výsledek testu:

Na hladině významnosti 5 % nulovou hypotézu (H_0) o nezávislosti jednotlivých znaků zamítáme a přijímáme hypotézu H_1 , která nám říká, že zde určitá závislost existuje.

Interpretace výsledku:

Na základě výsledků testu zamítáme na hladině 5% hypotézu, že povětrnostní podmínky na denní době nezávisí. Pozitivně ovlivňuje nehodovost kombinace faktorů náledí v noci.

Silnice 2. třídy (směrové poměry/ denní doba)

Tabulka 21 – Skutečné četnosti - Silnice 2. třídy (směrové poměry/ denní doba)

Skutečné četnosti	den	noc	Suma
Přímý úsek 28/1	275	107	382
Přímý úsek po projetí zatáčkou 28/2	121	39	160
Zatáčka 28/3	184	50	234
Křižovatka 28/4 5 6	102	14	116
Suma	682	210	892

Tabulka 22 – Standardizovaná rezidua - Silnice 2. třídy (směrové poměry/ denní doba)

Standardizovaná rezidua	den	noc
Přímý úsek 28/1	-1,0	1,80
Přímý úsek po projetí zatáčkou 28/2	-0,12	0,21
Zatáčka 28/3	0,38	-0,68
Křižovatka 28/4 5 6	1,41	-2,55

Testové kritérium: $G = 13.399$

Kritická hodnota: Kritická hodnota: $\chi_{(1-\alpha)}^2$; df = 7.8 se stupněm volnosti 3

Výsledek testu:

Na hladině významnosti 5 % nulovou hypotézu (H_0) o nezávislosti jednotlivých znaků zamítáme a přijímáme hypotézu H_1 , která nám říká, že zde určitá závislost existuje.

Interpretace výsledku:

Na základě výsledků testu zamítáme na hladině 5% hypotézu, že směrové poměry na denní době nezávisí. Pozitivně ovlivňuje nehodovost kombinace faktorů přímý úsek v noci a křižovatka ve dne, negativně křižovatka v noci.

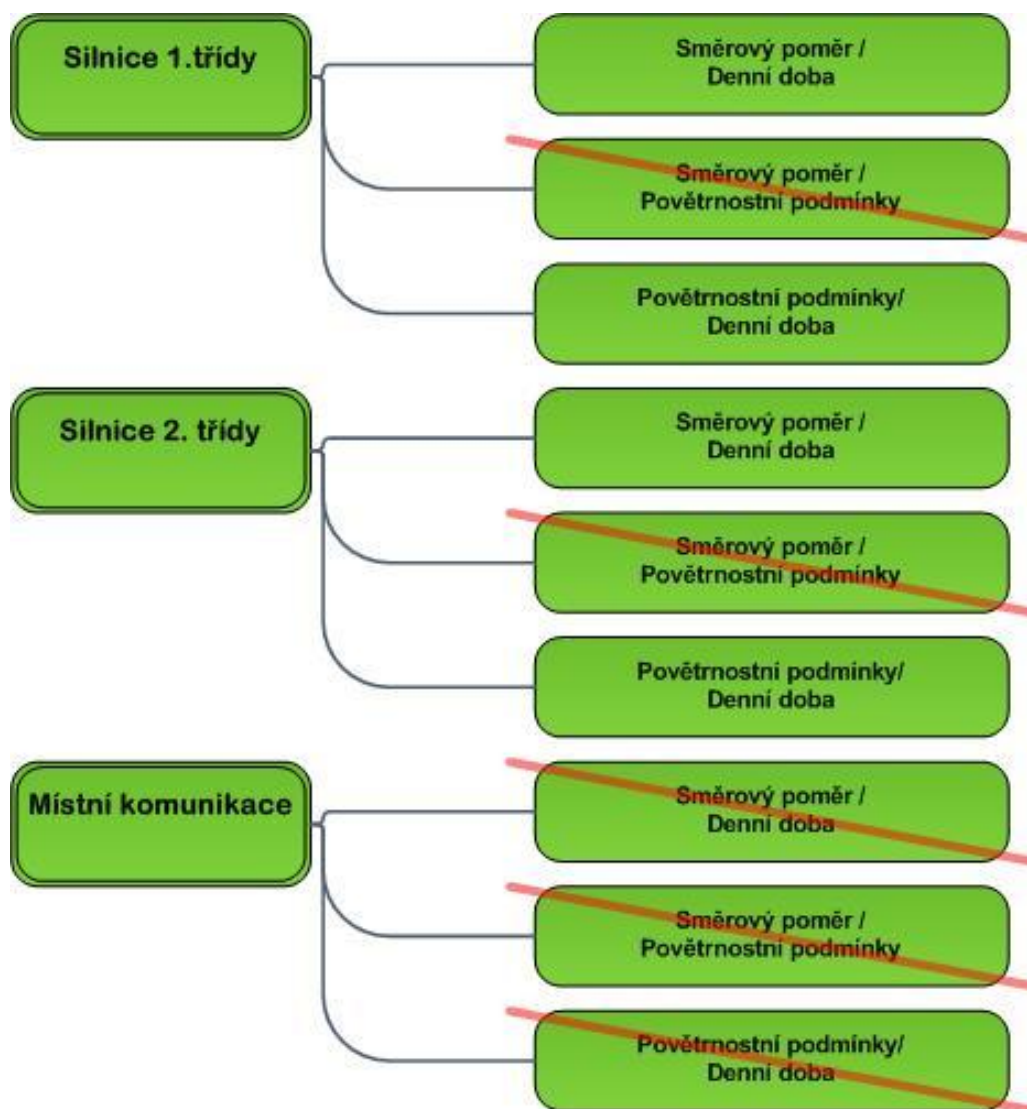
8.3 Kompletní výsledky testování hypotéz

Aplikováním metody (Test chí-kvadrát nezávislosti) na hladině významnosti $\alpha = 5\%$ jsme získali následující výsledky pro jednotlivé druhy vozovky. Kompletní přehled výpočtů závislostí pro všechny sledované typy komunikací je v příloze diplomové práce (jako Příloha č. 3) Přehled výsledků udává tabulka číslo 23, zachycující závislosti sledovaných parametrů nehodovosti.

Tabulka 23 – Souhrn výsledků hypotéz

Druh vozovky	Parametr1	X	Parametr2	Nezávislost
Silnice 1. třídy	Směrový poměr		Povětrnostní podmínky	Zamítnuta
	Směrový poměr		Denní doba	Nezamítnuta
	Povětrnostní podmínky		Denní doba	Nezamítnuta
Silnice 2. třídy	Směrový poměr		Povětrnostní podmínky	Zamítnuta
	Směrový poměr		Denní doba	Nezamítnuta
	Povětrnostní podmínky		Denní doba	Nezamítnuta
Místní komunikace	Směrový poměr		Povětrnostní podmínky	Zamítnuta
	Směrový poměr		Denní doba	Zamítnuta
	Povětrnostní podmínky		Denní doba	Zamítnuta

Ve sledovaných typech vozovky byly zjištěny závislosti u silnice 1. a 2. třídy, shodně se jedná o závislosti směrový poměr / denní doba a povětrnostní podmínky / denní doba. Závislost mezi směrový poměr / povětrnostní podmínky nebyla potvrzena. U místní komunikace nebyla zjištěna žádná závislost mezi jednotlivými parametry. Grafickou reprezentaci výsledků znázorňuje obrázek č. 14.



Obrázek 14 – Závislosti / nezávislosti u jednotlivých druhů vozovky

9 Vyhodnocení výsledků

9.1 Frekvence nehod nákladní dopravy

Po provedení všech kroků popsaných v předchozích kapitolách můžeme určit úseky přepravní trasy, kde dochází nejčastěji k dopravním nehodám. Všechny úseky můžeme sestupně seřadit dle frekvence nehod na 1 najetý km (kde 1. položka má největší frekvenci nehod).

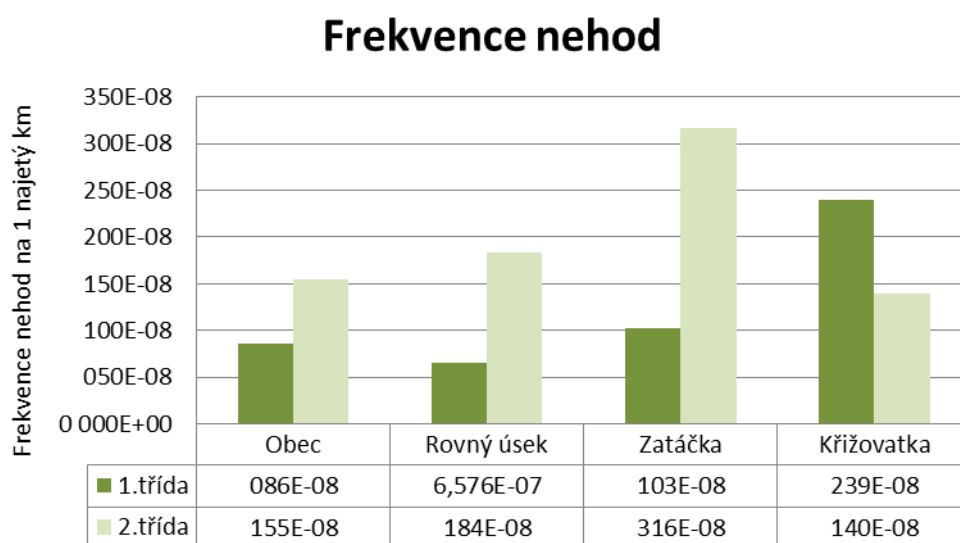
Silnice 1. třídy:

1. křižovatka
2. zatáčka
3. obec
4. přímý úsek

Silnice 2. třídy:

1. zatáčka
2. přímý úsek
3. obec
4. křižovatka

Pro lepší představu a porovnání výsledků byly výsledné frekvence nehod na jeden najetý kilometr pro oba druhy pozemní komunikace zaneseny do grafu.



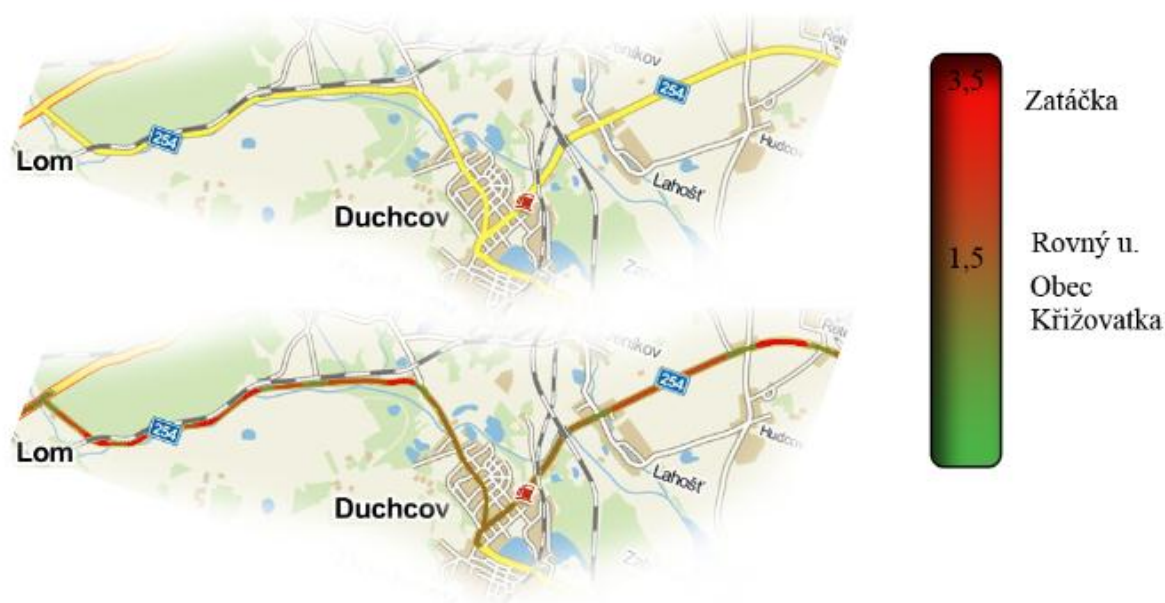
Graf 1 – Výsledné frekvence nehod

Z grafu číslo 1 je zřejmé, že frekvence nehod na různých typech vozovky pro stejný typ úseku se výrazně liší. Na silnici 1. třídy nejčastěji dochází k dopravním nehodám na *křižovatce*, oproti tomu na silnici 2. třídy je stejný úsek na posledním místě, frekvence nehod je zde nejnižší. Největší frekvence nehod na jeden najetý kilometr je u silnice 2. třídy na úseku *zátáčka*. Pokud bychom aplikovali výsledky na konkrétní pozemní komunikaci (pro každý typ vozovky samozřejmě jinou) a sestavili bychom podle grafu číslo 1 stupnici, jejíž minimální hodnota bude 0 a maximální bude $3,5 \cdot 10^{-6}$, kde minimum bude barevně znázorněné světlým odstínem zelené barvy, maximum rudou barvou, můžeme graficky vyznačit riziková místa zvolené přepravní trasy (obrázky číslo 15 a 16).



Obrázek 15 – Silnice 1. třídy (Žalany – Velemin) Kritická místa

Obrázek 15 znázorňuje část silnice 1. třídy, přesněji úsek Žalany – Velemin o délce 12 kilometrů. Pokud budeme vycházet z našich výpočtů, zjistíme, že na tomto konkrétním úseku jsou čtyři nejrizikovější místa (křižovatky), kde frekvence nehod na jeden najetý kilometr je největší. Stejnou grafickou metodu aplikujeme i na silnici 2. třídy. Zvolili jsme 14 kilometrovou silnici Lom – Duchcov – Teplice. Rizikových míst v tomto sektoru napočítáme více. Oproti silnici 1. třídy je nejrizikovějším místem (s největší frekvencí nehod) zatáčka mimo obec, kterých v tomto úseku nalezneme šest.



Obrázek 16 – Silnice 2. třídy (Lom – Duchcov - Teplice) Kritická místa

Obrázky dokládají, že charakter i frekvence nehod různých typů vozovky se na dílčích úsecích výrazně liší. Před samotným výpočtem jsme tento rozdíl předpokládali. Překvapujícím výsledkem je však nejrizikovější místo na silnici 1. třídy (křižovatka).

U silnic 2. třídy výsledky jen potvrzují fakt, který sdílí většina dotázaných řidičů. Tedy, že zatáčka je nejrizikovějším úsekem dopravní trasy nákladního vozu. Otázkou ale stále zůstává, jak a zda se vůbec pořadí nejrizikovějších úseků změní, pokud přidáme další parametry nehody, jako jsou vnější vlivy.

9.2 Významné závislosti mezi faktory nehodovosti

V předchozí kapitole, jsme určili místa přepravní trasy, kde je největší frekvence nehod na jeden najetý kilometr.

Pomocí metody Test chí-kvadrát nezávislosti jsme testovali, zda rozdíly četností jsou pouze věci náhody, či mezi nimi existuje statisticky významný rozdíl. Tedy zda mezi faktory existuje určitý vztah.

Zamítli jsme hypotézy H_0 a přijali hypotézy H_1 u silnic 1. a 2. třídy, které potvrzují závislost mezi vnějšími vlivy

směrový poměr / denní doba
povětrnostní podmínky / denní doba

9.2.1 Silnice 1. třídy

U silnice 1. třídy, jakožto zástupce vozovky s největším počtem vozidel (nejen nákladních) jsme našli kombinace faktorů, které ovlivňují nehodovost.

Pozitivní vliv (obě veličiny zároveň rostou nebo klesají) byl zjištěn:

- mezi dnem a deštěm (SR 1,61)
- mezi nocí a mlhou (SR 1,24)
- mezi nocí a náledím (SR 1,88)
- mezi nocí a rovným úsekem (SR 2,56)
- mezi dnem a křižovatkou (SR 1,80)

Negativní vliv (jedna veličina klesá a druhou roste):

- mezi nocí a deštěm (SR -1,96)
- mezi náledím a nocí (SR -1,53)
- mezi nocí a křižovatkou (SR -4,01)
- mezi dnem a přímým úsekem (SR -1,68)

9.2.2 Silnice 2. třídy

Na silnici 2. třídy byly nalezeny podobné kombinace faktorů ovlivňující nehodovost jako u silnice 1. třídy.

Z výpočtů vyplynul pozitivní vliv:

- mezi nocí a rovinným úsekem (SR 1,80)
- mezi dnem a křižovatkou (SR 1,4)
- mezi nocí a náledím (SR 1,01)

Negativní:

- mezi nocí a křižovatkou (SR -2,55)

9.2.3 Ostatní závislosti

Významný vliv v pozitivním slova smyslu se vyskytuje i u dvojic vítr/přímý úsek, sněžení/přímý úsek, mlha/přímý úsek na místní komunikaci, ačkoli pro tabulku, u které se testovala závislost povětrnostní podmínky/směrové poměry, nebyla hypotéza H_0 zamítnuta. Asi nejpřekvapivější vliv, který byl prokázán, je mezi faktory noc/děšť ovlivňující negativním způsobem počet nehod. Z osobních zkušeností a zkušeností okolí se dalo předpokládat, že právě při špatném počasí (nejčastěji dešti) v noci řidiči nejvíce přizpůsobují jízdu nepříznivým vlivům. Tedy, že si při této kombinaci dávají největší pozor.

Ostatní vlivy mezi faktory neuvádíme, lze o nich tvrdit, že jsou statisticky nevýznamné nebo nemáme potřebná vstupní data.

10 Závěr

Předmětem diplomové práce bylo vytvoření sw nástroje zpracování údajů evidence dopravní nehodovosti v ČR. Na základě zpracovaných dat byla provedena analýza s vytyčením významných faktorů ovlivňujících výskyt havárie nákladních vozidel. Byly určeny frekvence nehod nákladní dopravy na jeden najetý kilometr na jednotlivých typech silničních komunikací s rozlišením kritických úseků a použita statistická metoda Test chí-kvadrát nezávislosti k posouzení možných závislostí dvou kvalitativních veličin.

S ohledem na dostupná vstupní data byl stanoven metodický postup, kterým jsme získali potřebné frekvence nehod. Prvním krokem metodického postupu je určení četností nehod, vycházeli jsme s databáze dopravních nehod z roku 2009. Pro efektivní zpracování jsme vytvořili softwarový nástroj, který jsme navrhli tak, aby automaticky podle kritérií uživatele sestrojil tabulky četností nehod. Program je vytvořen, natolik obecně, aby umožňoval zpracování vícero druhů vozidel (nákladní, osobní aj).

Dalším krokem bylo určit počet najetých kilometrů. Využili jsme evidence intenzity dopravy, které se provádí v cyklu pěti let na celém území České republiky. Pro zpracování tohoto vstupního zdroje bylo vytvořeno jednoduché makro. Makro pomocí tří kroků automaticky vypočítá najeté kilometry na silnici 1. a 2. třídy. (v práci další typy komunikace nezohledňujeme).

Posledním, ale neméně důležitým, krokem bylo určení délky najetých kilometrů. Využili jsme mapových podkladů ze serveru Mapy.cz, kde jsme vytyčili deset vzorových silnic, které jsme ručně zpracovali a získali hodnoty udávající hodnoty všech měřených úseků a jejich podíl z celkové délky. U silnice druhé třídy byl vytvořen expertní odkaz.

Nepodařilo se nám získat relevantní údaje o přepravě ADR (údaje o četnosti nehod a intenzitě přepravy ADR). Vzhledem k tomu, že metodicky by byl postup zpracování stejný, bylo řešení daného úkolu demonstrováno na údajích evidence havárií nákladní dopravy v ČR a závěry provedené analýzy platí pro celkovou nákladní dopravu.

V diplomové práci jsme odvodili hodnoty frekvence havárií nákladní dopravy pro silnice 1. a 2. třídy. Nejrizikovější úsek přepravní trasy je na silnici 1. třídy křižovatka, na silnici 2. třídy zatáčka. Testovali jsme podmínky synergického efektu

nehodovosti, zaměřené na zjištěné kritické úseky silnic a další evidované parametry nehodovosti (denní doba, povětrnostní podmínky aj.)

Výsledky testu ukázaly možný synergický efekt u silnice 1. a 2. třídy pro faktory směrový poměr a denní doba, dále pak u povětrnostní podmínky a denní doba. Pomocí standardizovaných reziduí jsme odhalili souhru faktorů, která nejvíce napomáhají k zamítnutí nulové hypotézy. Konkrétně u silnice 1. třídy mezi noc/mlha, noc/náledí, noc/rovný úsek a den/křižovatka. U silnice 2. třídy se pak jedná o závislosti mezi noc/rovný úsek, noc/náledí, den/křižovatka.

Předkládaná diplomová práce nepřináší konkrétní způsob jak snížit počet dopravních nehod v nákladní dopravě, pouze informuje, na jakých úsecích přepravní trasy dochází nejčastěji k nehodám a mezi kterými faktory při přepravě existuje statisticky významná závislost. Získané výsledky jsme konzultovali s vybranými přepravními společnostmi (přesněji s dispečery), zabývajícími se transportem skla a nebezpečných látek pro chemické závody. Obě společnosti potvrdily z větší části námi odvozené výsledky.

Závěry diplomové práce tedy mohou napomoci při stanovení tras nákladní přepravy s ohledem na minimalizaci rizika dopravní havárie.

11 Seznam literatury

1. V. Dupač, M. Hušková: Pravděpodobnost a matematická statistika, skripta, Karolinum, 1999, 2001.
2. VIČAR, D. Kontaminace životního prostředí v důsledku úniku ropných látek. Zpravodaj CO, 1997, roč 29, č.1, s. 11-12.
3. HRUBEŠ, Pavel. Analýza statistických dat silniční nehodovosti [online]. Praha : ČVUT, 2010. 166 s. Habilitační práce. České vysoké učení technické v Praze. Dostupné z: https://www.lss.fd.cvut.cz/Members/ph/gis-1/habilitace/at_download/file
4. Centrum dopravního výzkumu. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/clanky-dopravni-infrastruktura/>
5. Anděl, J. Základy matematické statistiky. Praha : MFF UK, 2005.
6. Asociace krajů České republiky. [online]. 2012 [cit. 2013-01-19]. Dostupné z: http://www.asociacekraju.cz/vismo5/zobraz_dok.asp?id_org=450022&id_ktg=7771&archiv=0&p1=60
7. HENDL, Jan a Růžena KOLÁŘOVÁ. Silnice a dálnice v České republice: vývoj stezek, cest, silnic a dálnic na našem území od nepaměti až po současnost. 1. vyd. Rudná: Agentura Lucie, 2009, 376 s., [4] s. obr. příl. Učebnice pro základní školy (Prometheus). ISBN 978-80-87138-14-4.
8. Značení cest v České republice. [online]. 2013 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: http://www.waze.com/wiki/index.php/Zna%C4%8Den%C3%AD_cest_v_%C4%8Cesk%C3%A9_republice
9. Slovník dopravní terminologie. [online]. 2009. vyd. [cit. 2012-12-17]. Dostupné z: <http://www.slovníkdopravy.cz/>
10. WALKENBACH. Microsoft Office Excel 2007: programování ve VBA. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, 912 s. ISBN 978-80-251-2011-8.
11. BREDEN, Melanie a Michael SCHWIMMER. Excel 2007 VBA: velká kniha řešení. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 685, x s. ISBN 978-80-251-2698-1.
12. Přesnost a chyby měření a přístrojů. [online]. 2009 [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www1.fs.cvut.cz/cz/u12110/tem/nejistoty/nejistoty1.pdf>
13. HENDL, Jan a Růžena KOLÁŘOVÁ. Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat. 1. vyd. Praha: Portál, 2004, 583 s. Učebnice pro základní školy (Prometheus). ISBN 80-717-8820-1.

14. Další míry asociace. [online]. 2008 [cit. 2012-12-14]. Dostupné z:
<http://www.stahroun.me.cz/interstat/kategorialni/asociace/dalsi/index.htm>

12 Seznam příloh

Všechny z uvedených příloh jsou obsahem přiloženého CD.

Příloha 1: legenda k databázi dopravních nehod Policie ČR

Příloha 2: Makro pro zpracování intenzity dopravy

Příloha 3: Kompletní výsledky testování hypotéz

Příloha 4: SW nástroj

Příloha 5: Databáze nehod (excelovské soubory)